



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

KF
4806

NEDL TRANSFER



HN 5YSY C

Lehrbuch der Botanik.



Von

Dr. K. Giesenhagen.

2,73

KF 4806

B. Lab. 508.94.4



Botanical Laboratory

OF

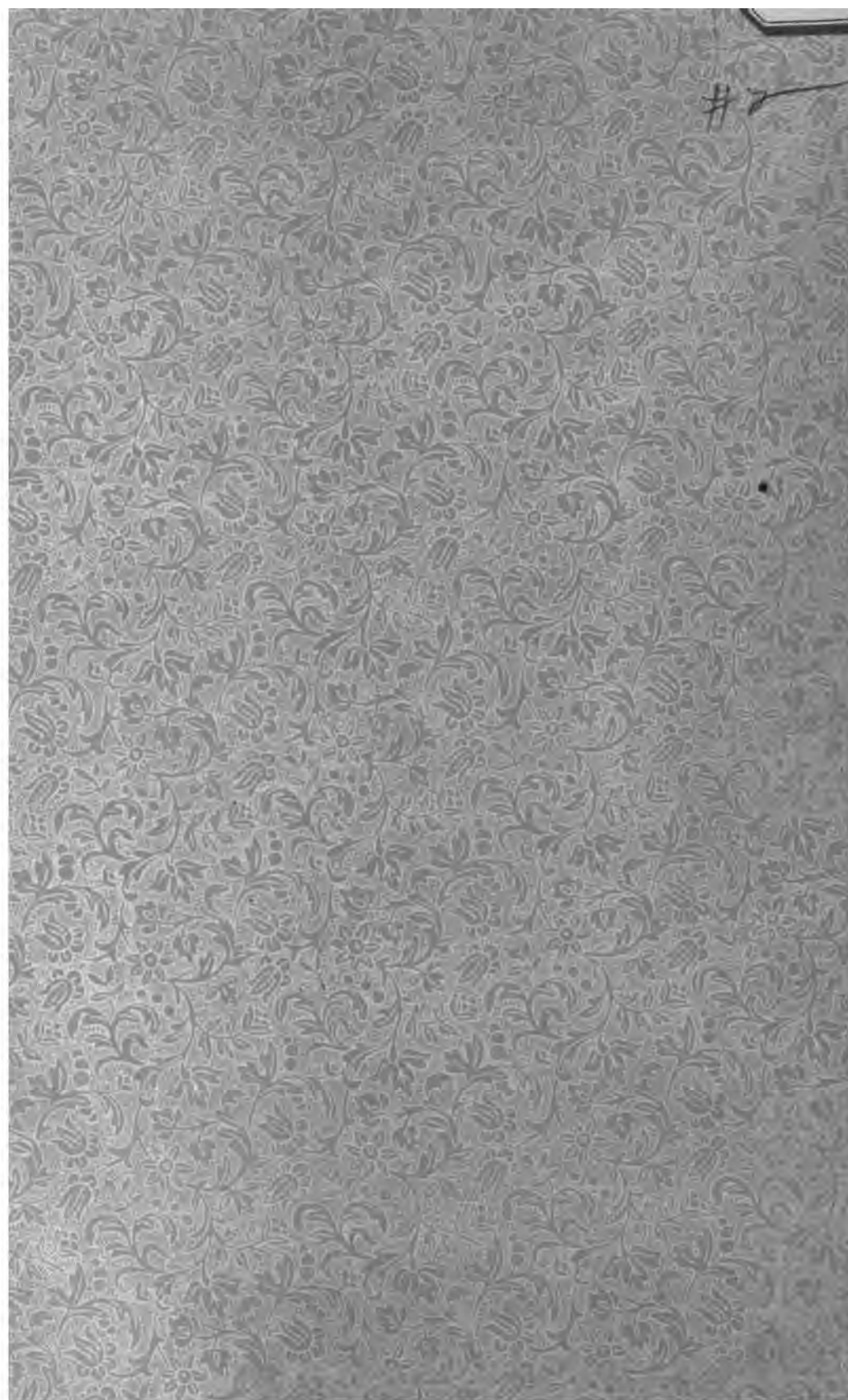
HARVARD COLLEGE,

FROM

Prof. G. L. Goodale.

26 Oct. 1898.

DEPOSITED IN
THE LIBRARY OF
THE BIOLOGICAL LABORATORIES



Oswald Weigel
Bibliographisches Institut
Leipzig, Hauptstr. 1

Handwritten: *Handwritten*
LEHRBUCH
DER
BOTANIK.

VON

Handwritten: *Karl*
DR. K. GIESENHAGEN

DOCENT DER BOTANIK AN DER KGL. UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

MÜNCHEN & LEIPZIG.

DR. E. WOLFF, WISSENSCHAFTLICHER VERLAG.

1894.

51-100-592.14.4

KF4591

100-100-20

100-100-20

100-100-20

100-100-20

Vorwort.



IN den botanischen Vorlesungen an den Universitäten ist man in der letzten Zeit fast überall bemüht gewesen, den Unterricht durch Demonstrationen und Experimente zu beleben und belehrender zu gestalten. Die grössere Anforderung, welche dadurch an die Aufmerksamkeit des Hörers gestellt wird, mag mit der Grund dafür sein, dass die Sitte des Nachschreibens ausführlicher Colleghefte bei den Studirenden mehr und mehr abkommt. Meistens werden nur noch vereinzelte Merkworte notirt, die wohl geeignet sein mögen, unmittelbar nach der Vorlesung dem Gedächtniss einen Anhalt zur Reproduction des Gehörten zu geben; später aber, wenn erst ein heran nahendes Examen zum Repetiren zwingt, dürften dieselben kaum noch genügen, das einmal Gehörte und halb Vergessene wieder unverändert und vollständig in's Gedächtniss zurückzurufen. In den meisten Fällen wird dann die Benützung eines passenden Lehrbuches unumgänglich nöthig werden. Der Gedanke des Herrn Verlegers, ein Lehrbuch herauszugeben, welches den botanischen Lehrstoff, soweit er zum Gegenstand einer Universitätsprüfung gemacht werden kann, in übersichtlicher Gruppierung dem Leser darbietet, schien mir desshalb folgerichtig und zeitgemäss. Ich würde aber trotzdem die mir angetragene Aufgabe, ein solches Buch zu verfassen, nicht übernommen und ausgeführt haben, wenn mir nicht der Rath und die Hilfe des Herrn Professors Goebel zugesichert und während meiner Arbeit in liebenswürdigster Weise zu Theil geworden wäre. Mit Freuden ergreife ich die Gelegenheit, dem Herrn Professor Goebel auch an dieser Stelle meine Verehrung und meinen aufrichtigen Dank für die werthvolle Unterstützung auszudrücken.

Ueber den Umfang des Thatsachenmaterials, welches für den gedachten Zweck in meinem Buch zusammenzutragen war, kann man sehr verschiedener Meinung sein, da ja die reichsgesetzlichen Bestimmungen

über das Tentamen physicum der Mediciner und über das pharmaceutische Staatsexamen dem individuellen Ermessen des Examinators innerhalb weiter Grenzen volle Freiheit lassen. Ganz allgemein wird man aber wohl der Ansicht beistimmen, dass die Prüfung sich in keinem Fall auf die gedächtnismässige Beherrschung von Einzelthatsachen zu beschränken hat, sondern, dass ein Verständniss der leitenden Gedanken als ein Beweis eines mit Erfolg absolvirten Studiums unbedingt gefordert werden muss. Dementsprechend bin ich bemüht gewesen, stets, soweit es in dem engen Rahmen möglich war, die allgemeinen Gesichtspunkte in den Vordergrund zu rücken. Daneben habe ich aber auch der Darstellung der Einzelheiten, soweit mir dieselben wichtig erschienen, meine Aufmerksamkeit nicht entzogen, und insbesondere hoffe ich, dass meine Schilderungen überall den Anschauungen der Gegenwart und den gesicherten Resultaten der neuesten Untersuchungen entsprechen. Ein Hauptgewicht habe ich ferner auf die übersichtliche Anordnung des Stoffes gelegt, manche Abweichungen von der herkömmlichen Darstellungsweise mögen darin ihre Erklärung finden. Eine eingehende Inhaltsübersicht und das umfangreiche Register endlich sollen dem Lernenden die Benützung des Buches erleichtern. Die Sorgfalt, mit welcher das Register hergestellt worden ist, darf ich nicht als mein Verdienst in Anspruch nehmen, wenn ich es auch nicht für angebracht halte, an öffentlicher Stelle meinen Dank für die liebenswürdige Hilfe bei der Arbeit abzustatten.

Für die Ausstattung des Buches mit schönem Druck und gutem Papier und für die Bewilligung so vieler Textfiguren gebührt dem Herrn Verleger mein aufrichtiger Dank. Von seiner Seite ist nichts versäumt worden, um das Buch zu einem brauchbaren Lehrmittel für den Studirenden zu machen.

Wie allen menschlichen Dingen wird es auch meinem Buch an Mängeln nicht fehlen, ob es nicht trotzdem neben den zahlreichen gleichbetitelten Werken noch einen Platz verdient, das mögen diejenigen entscheiden, in deren Händen der botanische Unterricht an unseren Hochschulen ruht. Ihrem Wohlwollen und Ihrer Nachsicht soll mein Werk empfohlen sein.

München, den 1. Oktober 1894.

Dr. K. Giesenhagen.

Inhalts-Verzeichniss.

	Seite
Einleitung	1
Erster Abschnitt. Die Morphologie der Pflanzen.	
A. Organographie.	
Erstes Kapitel. Die Organe des Pflanzenkörpers und ihre räumlichen Beziehungen zu einander.	
1. Wurzel und Spross	3
2. Die Verzweigung der Wurzel und des Sprosses	6
3. Sprossachse und Blätter	10
4. Der Thallus	17
Zweites Kapitel. Die Wurzel.	
1. Die typische Wurzel der Gefäßpflanzen	18
2. Die Adventivwurzeln	21
3. Metamorphosirte Wurzeln	25
4. Die Wurzel der niederen Pflanzen	29
Drittes Kapitel. Der vegetative Spross.	
1. Die Achse der Laubsprosse	31
2. Metamorphosirte Sprosse	35
3. Die Laubblätter	39
4. Metamorphosirte Blätter	52
5. Der vegetative Spross der niederen Pflanzen	57
Viertes Kapitel. Die Blüthe.	
1. Die Organe der Angiospermenblüthe und ihre räumlichen Beziehungen zu einander	59
2. Die Plastik der Blüthentheile	65
3. Die Blüthenstände	76
4. Frucht und Samen	77
5. Die Blüthe der Gymnospermen	81

B. Anatomie.

Erstes Kapitel. Die Zellenlehre.

1.	Der Begriff der Zelle	83
2.	Der Zellinhalt	84
3.	Die Zellwand	92
4.	Die Entstehung der Zellen	97

Zweites Kapitel. Die Gewebelehre.

1.	Die Zusammensetzung der Gewebe	99
2.	Das Hautgewebe	108
3.	Das Grundgewebe	119
4.	Die Gefäßbündel	123
5.	Das sekundäre Dickenwachsthum	127
6.	Das Dickenwachsthum der Monocotyledonen und Pteridophyten	137
7.	Das Gewebe der gefäßlosen Pflanzen	138

Zweiter Abschnitt. Die Physiologie der Pflanzen.

Erstes Kapitel. Das vegetative Leben.

1.	Die Beziehungen der Pflanzen zur Aussenwelt	141
2.	Der Stoffwechsel	148
3.	Der Kraftwechsel	171
4.	Das Wachsthum	181
5.	Innere Ursachen für die Gestaltungsvorgänge beim Wachsthum	194
6.	Das Bewegungsvermögen	202

Zweites Kapitel. Die Fortpflanzung.

1.	Die vegetative Vermehrung	210
2.	Die ungeschlechtliche Fortpflanzung	211
3.	Die geschlechtliche Fortpflanzung	217

Dritter Abschnitt. Specielle Botanik.

I. Die Thalophyten oder Lagerpflanzen.

A. Die Algen.

Schizophyceen		241
Zygophyceen		244
Chlorophyceen		247
Phaeophyceen		250
Rhodophyceen		251
Characeen		252

B. Die Pilze.

Myxomyceten		253
Phycomyceten		255
Ascomyceten		257
Basidiomyceten		260

VII

	Seite
Anhang. Die Flechten.	
Diskolichenen	264
Pyrenolichenen	267
Hymenolichenen	267
Gastrolichenen	268
 II. Die Bryophyten oder Moose.	
A. Die Lebermoose.	
Marchantiaceen	268
Anthoceroten	269
Jungermanniaceen	270
B. Die Laubmoose.	
Torfmoose	272
Schizocarpen	272
Cleistocarpen	273
Bryineen	273
 III. Die Pteridophyten oder Gefäßkryptogamen.	
Filicinen	277
Equisetinen	280
Lycopodinen	281
 IV. Die Gymnospermen.	
Cycadeen	283
Coniferen	283
Gnetaceen	285
 V. Die Monocotyledonen.	
Liliifloren	286
Spadicifloren	288
Glumifloren	290
Scitamineen	291
Gynandrier	292
Helobier	293
 VI. Die Dicotyledonen.	
A. Die Choripetalen.	
Julifloren	294
Centrospermen	296
Aphanocyclier	298
Eucyclier	303
Trikokker	307
Calycifloren	308
B. Die Sympetalen.	
Isocarpen	313
Hypogyne Anisocarpen	315
Epigyne Anisocarpen	317

Berichtigung.

In der Erklärung der Figur 77 auf Seite 65 sind einige störende Fehler übersehen worden; es muss heissen: »A hypogyne Blüthe« und »C epigyne Blüthe«.

Einleitung.



BOTANIK ist die Naturgeschichte des Pflanzenreiches, welches mit dem Thierreiche zusammen die Welt des Organischen bildet. Zwischen diesen beiden Reichen ist eine scharfe Grenze nicht vorhanden. Wir müssen dieselben ansehen als von dem gleichen Ausgangspunkte nach verschiedenen Richtungen ausstrahlende Entwicklungsreihen des organischen Lebens. Die dem gemeinsamen Uranfang zunächststehenden Glieder der beiden Reihen weisen die weitgehendsten verwandtschaftlichen Beziehungen zu einander auf; es ist auf dieser niederen Entwicklungsstufe überhaupt noch keine scharfe Differenzirung der beiden Entwicklungszweige eingetreten, so dass also die Frage nach der Zugehörigkeit der niedersten Formen zu der einen oder anderen Reihe völlig gegenstandslos ist.

Wenn nach dem Gesagten ein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal zwischen Thier und Pflanze im Allgemeinen nicht vorhanden sein kann, so lässt sich doch, wenn wir die Betrachtung auf die höher organisirten Lebewesen beschränken, für die Zugehörigkeit eines Organismus zum Thierreich oder Pflanzenreich eine Reihe von Kriterien angeben, von denen einige im Folgenden kurz erwähnt sein mögen.

Der Körper der höheren Thiere erreicht in einer bestimmten Periode den Höhepunkt seiner formalen Entwicklung; der Körper ist ausgewachsen, alle Organe sind in der für die betreffende Art charakteristischen Zahl und Ausbildung vorhanden, ein Wachstum und eine Neubildung von vegetativen Organen findet während des ganzen Restes der Lebenszeit normal nicht mehr statt. Am Pflanzenkörper aber findet unausgesetzt Wachstum und Neubildung von Organen statt, um erst mit dem Tode des Individuums zu erlöschen. — Im anatomischen Bau der Pflanzen

und Thiere ist ein deutlicher Unterschied darin ausgesprochen, dass die Zellen, welche den Pflanzenkörper zusammensetzen, eine feste Hülle aus Cellulose besitzen, während dieses Kohlehydrat im Körper der höheren Thiere nicht gefunden wird. — Die Pflanzen besitzen die Fähigkeit, aus der Kohlensäure der Luft, dem Wasser und einigen Salzen die komplizierten organischen Verbindungen herzustellen, welche zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse und zum Aufbau ihrer Organe erforderlich sind. Den Thieren fehlt dagegen das Vermögen, anorganische Substanzen zu assimiliren; zu ihrer Ernährung sind organische Stoffe nöthig: Fette, Eiweiss und Kohlehydrate, welche ihnen in letzter Linie von den Pflanzen geliefert werden. — Selbstverständlich fehlt es bei diesen allgemeinen Sätzen auch unter den höheren Organismen nicht an vereinzelten Ausnahmen.

Man theilt die Wissenschaft der Botanik in die **allgemeine Botanik**, welche uns über die allgemeinen Gesetze des Baues und der Lebensverrichtungen des Pflanzenkörpers unterrichtet, und in die **spezielle Botanik**, welche die einzelnen Gewächse und ihre Verwandtschaftsverhältnisse kennen lehrt und zeigen soll, wie die allgemeinen Gesetze der Gestaltung und des Baues in den einzelnen Gruppen des Pflanzenreiches zum Ausdruck kommen.

Gemäss der beiden Hauptaufgaben, welche der allgemeinen Botanik zukommen, unterscheiden wir in derselben die Lehre vom Bau des Pflanzenkörpers oder **Morphologie** und die Lehre von den Lebenserscheinungen in demselben oder **Physiologie**.

Erster Abschnitt.

Die Morphologie der Pflanzen.

Die Morphologie der Pflanzen hat nach zwei Richtungen hin über den Bau der Gewächse Auskunft zu geben. Sie lehrt uns in der **Organographie** die äussere Form des Pflanzenkörpers und die Gesetze kennen, welche die Gestaltung desselben beherrschen. In der **Anatomie** unterrichtet sie uns über den inneren Bau und die stoffliche Zusammensetzung der Pflanzenorgane.

A. Organographie.

Erstes Kapitel. Die Organe des Pflanzenkörpers und ihre räumlichen Beziehungen zu einander.

1. Wurzel und Spross.

Wenn wir von den niedersten Pflanzenformen absehen, deren Bau eine gesonderte Besprechung erfordert, so können wir überall in dem Bau der verschiedenartigen Gewächse einen gewissen typischen Grundplan wiederfinden, den wir als die Polarität des Pflanzenkörpers bezeichnen können. Wir können eine Basis und eine Spitze deutlich unterscheiden und die nach diesen beiden Polen zu gelegenen Theile der Pflanze zeigen in verschiedenen Beziehungen differente Ausbildung und differentes Verhalten.

Schon bei verhältnissmässig nieder organisirten Gewächsen tritt diese Polarität auffällig in die Erscheinung. Die Figur 1 gibt eine vergrösserte Abbildung einer Alge, deren ganzer Vegetationskörper ein winziges Bläschen etwa von der Grösse eines Stecknadelkopfes dar-

stellt. An demselben können wir zwei Theile erkennen: den Spross und die Wurzel. Der Spross ist der obere, eirundliche Theil, der dem Lichte ausgesetzt und an der lebenden Pflanze grün gefärbt ist. Er übernimmt im vegetativen Zustande die Assimilation, d. h. die Umwandlung der unorganischen Pflanzennahrung in die organischen Verbindungen, welche zum Aufbau des Pflanzenkörpers nöthig sind. Als Wurzel bezeichnen wir den meist ungefarbten, einem verzweigten Schlauche vergleichbaren Theil der Alge, der in den Boden eindringt, die Pflanze befestigt und die Aufnahme von Wasser und von darin gelösten anorganischen Stoffen vermittelt.

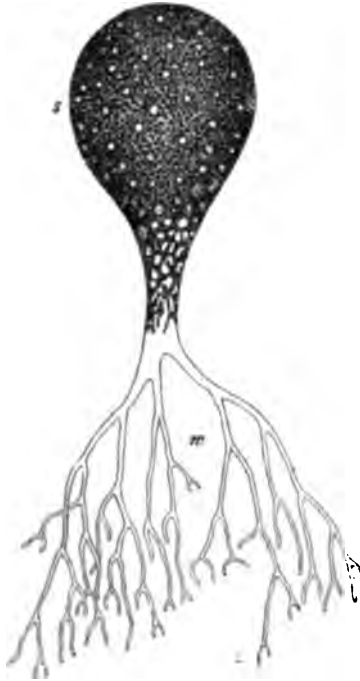
Die in Form und Farbe, Wachstumsrichtung und Funktion ausgesprochene Gegensätzlichkeit zwischen Spross und Wurzel können wir in verschiedenen Graden der Deutlichkeit aufwärts durch die ganze Reihe der Gewächse bis hinauf zu den höchstentwickelten Formen, den Samenpflanzen, verfolgen. Bei den Letzteren lässt sich das Verhältniss von Spross und Wurzel am leichtesten an den

Jugendzuständen, den Keimpflanzen, übersehen.

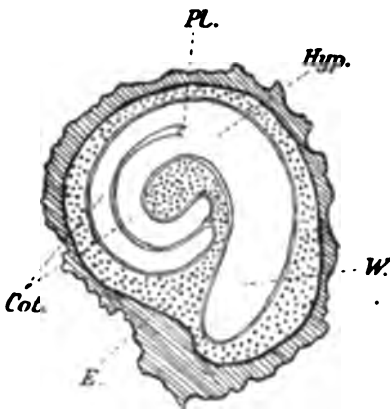
In den Pflanzensamen finden wir als wesentlichsten Bestandtheil den Embryo, die Anlage der jungen Pflanze, vor.

Derselbe ist in manchen Fällen von einem Nährgewebe, dem Endosperm, begleitet.

An dem Embryo können wir, wie aus der nebenstehenden Figur erkennbar ist,

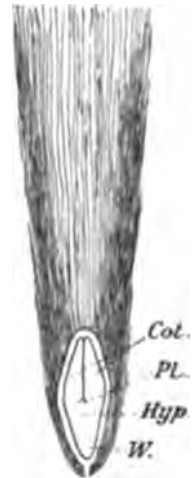


Figur 1.
Botrydium granulosum nach Woronin.
w. Wurzel, s. Spross.



Figur 2 A

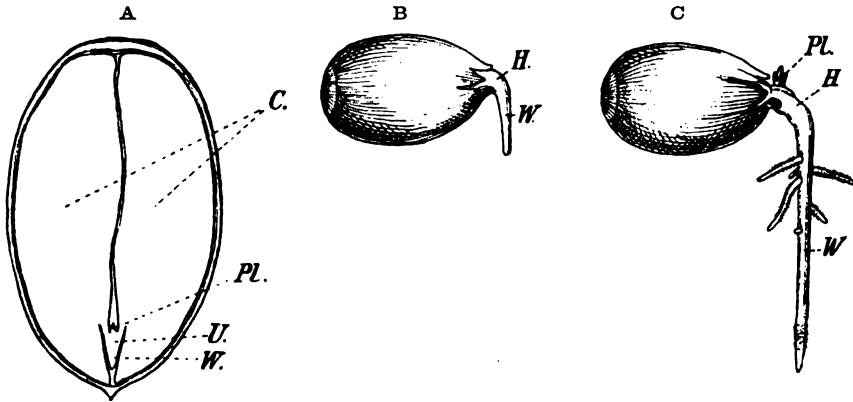
Längsschnitte durch reife Samen **A** von *Hyoscyamus*, **B** von *Salix* (n. Payer). Bei **A** ist neben dem Embryo reichlich Endosperm *E.* vorhanden. bei **B** tritt der Embryo die mit langen Haaren besetzte Samenschale völlig aus. *W.* Wurzel, *Hyp.* Hypocotyl, *Pl.* Stammknospe, *Col.* Cotyledonen des Embryo.



Figur 2 B

die **Keimwurzel** und das **hypocotyle Glied** mit den **Cotyledonen** und der **Stammknospe** unterscheiden. Die Beobachtung der Keimungsvorgänge lehrt uns, welche Bedeutung diesen einzelnen Theilen als Organen des Pflanzenkörpers zukommt.

Wenn der Same in günstige Keimungsbedingungen gelangt, wird die Samenschale gesprengt, und der sich zur Keimpflanze entwickelnde Embryo streckt als erstes Organ die Wurzel aus seiner Hülle hervor, welche sich nach abwärts krümmt und in den Boden eindringt. Die Spitze dieser Keimwurzel stellt das eine Polende des Pflanzenkörpers dar. Nach einer kürzeren oder längeren Zeit wird auch das andere Polende der Pflanze aus der Schale befreit; es ist die Stammknospe des Embryo, die Spitze des Sprosses, welche entgegengesetzt zu der Wachstumsrichtung der Wurzel sich vom Boden erhebt und aufwärts wendet. An der aus der Samenschale hervorgetretenen Keimpflanze sind danach leicht die beiden wichtigen Organe zu unterscheiden: die **Wurzel**, welche unter



Figur 3.

Keimung der Eichel. **A** Längsschnitt der ungekeimten Eichel ($\frac{2}{1}$). **B** und **C** aufeinanderfolgende Keimungsstadien ($\frac{1}{1}$). **W.** Wurzel, **H.** Hypocotyl, **Pl.** Stammknospe, **C.** Cotyledonen des Keimlings.

dem Einfluss der Schwerkraft senkrecht abwärts wächst, und der **Spross**, welcher, ebenfalls durch die Schwerkraft beeinflusst, sich aufrecht stellt.

Als Grenze zwischen beiden ist die Stelle anzusehen, wo Keimwurzel und hypocotyles Glied in einander übergehen, so dass also die Wurzel lediglich aus der Keimwurzel des Embryo hervorgegangen ist, während das Hypocotyl mit den Cotyledonen und den aus der Stammknospe sich entwickelnden Theilen den Spross darstellt. Wir können am Spross leicht zwei wesentliche Theile unterscheiden, die Sprossachse, welche von dem Hypocotyl und dem in der Verlängerung desselben gelegenen Achsentheil der Stammknospe gebildet wird, und die seitlichen Organe, das sind die Cotyledonen und die weiter oben sich entwickelnden Blätter.

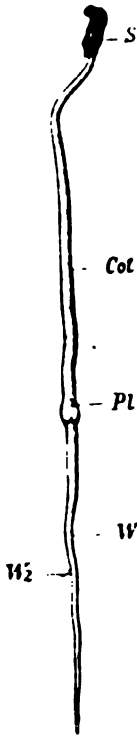
Die Cotyledonen sind als die ersten Blattgebilde der jungen Pflanze anzusehen. Nach der Anzahl derselben am Embryo unterscheidet man

unter den Samenpflanzen mit Fruchtknoten die Monocotyledonen, welche einen, und die Dicotyledonen, welche zwei Cotyledonen am Keimling besitzen.

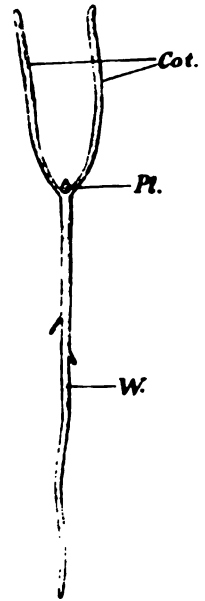
Bei vielen nacktsamigen Pflanzen, bei den Kiefern und Tannen, kommen mehr als zwei Cotyledonen vor.

Die Cotyledonen enthalten, wie bei der Eiche, sehr häufig grosse Mengen von organischen Nahrungsstoffen, welche von der assimilatorischen Thätigkeit der Mutterpflanze herrühren und der jungen Pflanze in den ersten Stadien ihres Lebens zum Unterhalte dienen. In anderen Fällen wirken die Cotyledonen als Saugorgane, welche dem sich entwickelnden Embryo die im Nährgewebe des Samens vorhandenen Stoffe zuführen, oder sie stellen schon in der ersten Lebenszeit der Keimpflanze Assimilationsorgane dar, welche selbstständig aus den in der Umgebung des keimenden Samens vorhandenen anorganischen Substanzen organische Nährstoffe bereiten.

Während die weiter rückwärts gelegenen Theile der Wurzel und des Sprosses nach einiger Zeit eine definitive Ausbildung erlangen, finden wir an der Spitze der beiden Elementarorgane zu jeder Zeit ein embryonales, zu weiterer Entwicklung befähigtes Gewebe, den Vegetationspunkt, durch dessen Wachstum ein steter Längenzuwachs der Wurzel und des Sprosses bewirkt wird.



Figur 4 A.



Figur 4 B.

Junge Keimpflanzen. A von *Hyacinthus candicans*, Monocotyledone; B von *Foeniculum officinale*, Dicotyledone. W. Wurzel, Pl. Stammknospe, Cot. Cotyledon, S. Samenschale.

2. Verzweigung der Wurzel und des Sprosses.

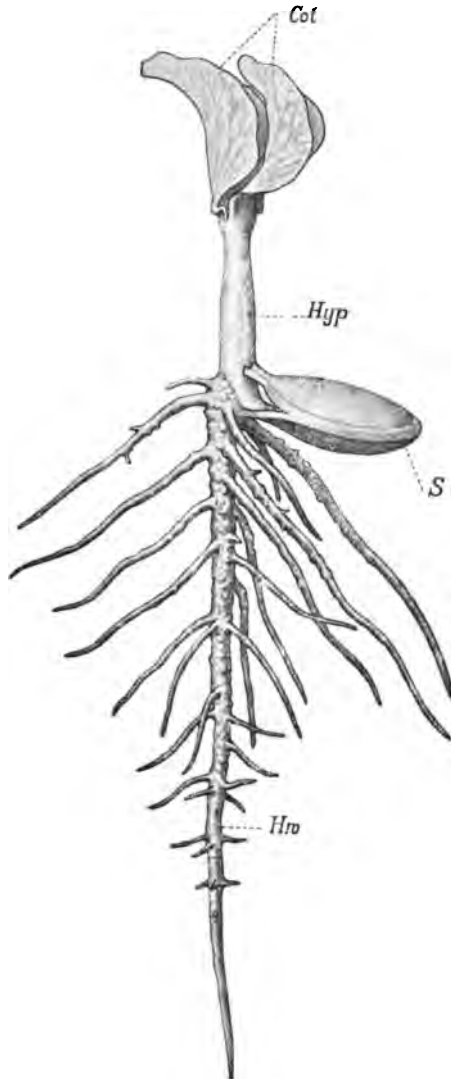
An der Hauptwurzel und an dem Hauptspross, welche durch die Thätigkeit der Vegetationspunkte aus den Elementarorganen der Keimpflanze hervorgegangen sind und welche die organische Achse des erwachsenen Pflanzenkörpers bilden, entstehen bei den meisten Pflanzen seitliche Organe, welche an ihrer Spitze gleichfalls mit einem Vegetationspunkt versehen sind und auch im Uebrigen in Bau und Verrichtung den Hauptorganen gleichen. Sie werden als **Seiten- oder Nebenwurzeln** respektive als **Seitensprosse** bezeichnet und können wieder Seitenachsen höherer Ordnung hervorbringen und so fort. Man nennt diesen Vorgang **Verzweigung**. Die Gesamtheit aller Wurzeln und aller Sprosse bildet das **Wurzelsystem** respektive das **Sprosssystem** der erwachsenen Pflanze.

Die Seitenwurzeln werden kurz hinter dem Vegetationspunkt im Innern der Hauptwurzel angelegt und wachsen mit Durchbrechung der Wurzelrinde nach aussen. Man bezeichnet diese Entstehungsweise als **endogen**. Meistens sind die Seitenwurzeln ziemlich regellos oder in mehr oder minder deutlichen Längsreihen an ihrer Abstammungsachse angeordnet (v. Fig. 6), sie wachsen nicht wie die Hauptwurzel senkrecht nach unten, sondern sie wenden sich seitwärts oder schräg abwärts unter einem kleineren oder grösseren Winkel mit dem Erdradius. Die Seitenwurzeln höherer Ordnung können regellos nach allen Richtungen hin wachsen.

Ausser den aus der Keimwurzel des Embryos direkt oder indirekt hervorgehenden Wurzeln finden sich bei manchen Pflanzen noch andere Wurzeln vor, welche seitlich aus der Sprossachse entspringen. Für diese sekundär gebildeten Wurzeln hat sich der Name **Adventivwurzeln** eingebürgert. Ihre Entstehung ist wie die der Seitenwurzeln endogen.

Die Seitensprosse entstehen **exogen**, d. h. äusserlich am Vegetationspunkte ihrer Abstammungsachse. Ihr Vegetationspunkt ist direkt aus dem Vegetationspunkt der Hauptachse hervorgegangen, so dass also bei der Verzweigung nirgends eine Neuentstehung embryonalen Gewebes, sondern nur eine Vertheilung des schon vorhandenen stattfindet.

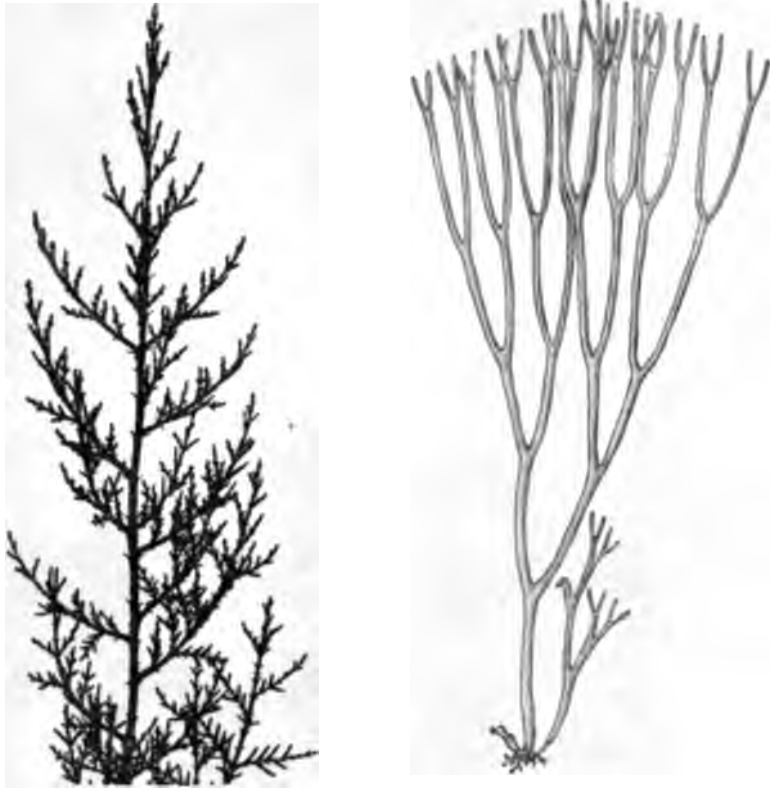
Bei den meisten Pflanzen bleibt der Vegetationspunkt der Hauptachse auch nach der Abgabe seitlicher Vegetationspunkte stets als solcher erhalten, der Hauptspross bildet also immer die organische Achse des ganzen Sprosssystems. Man nennt diese Form der Verzweigung



Figur 5.

Keimpflanze von Cucurbita Pepo.
An der Hauptwurzel *Hrw.* sind zahlreiche Seitenwurzeln vorhanden. *S.* Samenschale, *Hyp.* Hypocotyl, *Cot.* Cotyledonen.

monopodial. In der Abtheilung der Farne, Moose und Algen kommt gelegentlich ein anderer Modus der Verzweigung vor, den man als **Dichotomie** bezeichnet. Es theilt sich dabei der Vegetationspunkt in zwei gleichwerthige Theile, die Hauptachse löst sich also gänzlich in Seitensprosse auf. Sowohl bei der monopodialen als bei der dichotomischen Verzweigung unterscheidet man eine Anzahl von Unterarten der Sprossverkettung, für welche hauptsächlich die relative Stärke der Haupt- und



A

Figur 6.

B

A monopodial verzweigter Spross von *Cypressus pyramidalis* (¹/₂). **B** dichotomisch verzweigter Spross von *Dictyota strolata* (³/₄).

Seitensprosse, sowie die Zahl und Wachstumsrichtung der letzteren die Erkennungsmerkmale sind.

Im Grunde genommen handelt es sich bei der Definition der verschiedenen Verzweigungsarten um abstrakte Schemata, denen die in der Natur vorhandenen Verhältnisse im einzelnen Falle mehr oder minder genau entsprechen. Es lassen sich deshalb die verschiedenen Begriffe am besten durch schematische Figuren versinnlichen. Die beigelegte Tabelle wird das Verständniss erleichtern.

Uebersicht der Verzweigungsarten.

I. Monopodiale Verzweigungssysteme.

Der Hauptspross trägt unter seiner Spitze einen oder mehrere Seitensprosse.

A. Der Hauptspross ist am kräftigsten entwickelt: *racemöse Verzweigung* (Fig. 7).

B. Die Seitensprosse wachsen über den Gipfel des Hauptsprosses hinaus: *cymöse Verzweigung* (Fig. 8).

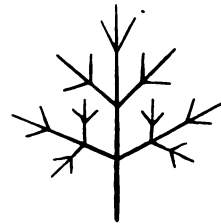
1. Unter der Sprossspitze entspringt je ein Seitenast: das *Monochasium* oder *Symphodium* (Fig. 8 a bis d).

a) Die aufeinanderfolgenden Seitensprosse stehen alle an derselben Seite der Abstammungsachse: die *Schraubel* (Fig. 8 a und b).

Liegen alle Seitensprosse genau in derselben Ebene, so wird die Verzweigungsart als *Sichel* (Fig. 8 a) bezeichnet, stellen sich die Seitensprosse in die Verlängerung der Abstammungsachse, so entsteht ein *Schraubelsymphodium* (Fig. 8 b).

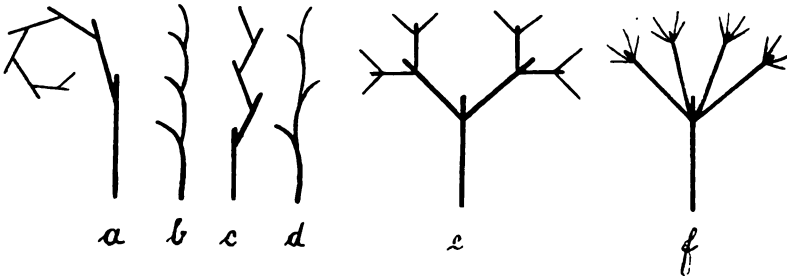
b) Die Seitensprosse stehen abwechselnd an verschiedenen Seiten: die *Wickel* (Fig. 8 c und d).

Liegen alle Wickeläste in derselben Ebene so entsteht eine *Fächer* (Fig. 8 c), stehen die Sprosse höherer Ordnung in der Verlängerung der Abstammungsachse, so dass eine gerade Scheinachse entsteht, so wird die Wickel als *Wickelsymphodium* bezeichnet (Fig. 8 d).



Figur 7.

Schema der racemösen Verzweigung.



Figur 8.

Schemata der cymösen Verzweigung.

a Schraubel und Sichel, b Schraubelsymphodium, c Wickel und Fächer, d Wickelsymphodium, e Dichasium, f Pleiochasium.

2. Unter der Sprossspitze entspringen je zwei gegenüberstehende Seitensprosse: das *Dichasium* (Fig. 8 e).

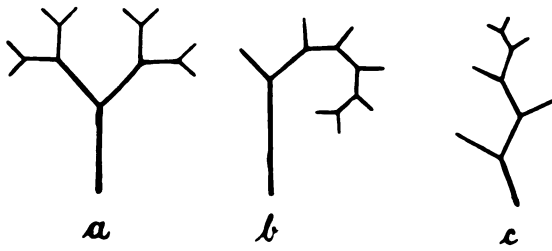
3. Unter der Sprossspitze stehen je drei oder mehr Seitensprosse: das *Pleiochasium* (Fig. 8 f).

II. Dichotomische Verzweigungssysteme.

Der Hauptspross löst sich an seiner Spitze in zwei gleichwerthige Sprosse (Gabeläste) auf.

A. Die Gabeläste entwickeln und verzweigen sich gleichmässig: die *gabelige Dichotomie* (Fig. 9 a).

B. Der eine Gabelast zeigt kräftigere Entwicklung.



Figur 9.

Schemata der dichotomischen Verzweigung.
a gabelige Dichotomie, b schraubelähnliche Dichotomie,
c wickelähnliche Dichotomie.

1. Der geförderte Gabelast liegt in den aufeinanderfolgenden Dichotomieen allemal auf derselben Seite: die *schraubelähnliche Dichotomie* (Fig. 9 b).

2. Der geförderte Gabelast liegt in den aufeinanderfolgenden Dichotomieen abwechselnd nach rechts und links: die *wickelähnliche Dichotomie* (Fig. 9 c).

Im ausgewachsenen Zustande haben das Schraubelsympodium und das Wickelsympodium oft grosse Aehnlichkeit mit einem racemösen Verzweigungssystem, ebenso können die schraubelähnlichen und die wickelähnlichen Dichotomien sehr leicht mit monopodialen Schraubeln und Wickeln verwechselt werden. In solchen Fällen gestattet nur die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung der Verzweigungsvorgänge am Vegetationspunkte eine exakte Unterscheidung.

3. Sprossachsen und Blätter.



Figur 10.

Sprossgipfel von *Elodea canadensis* (¹⁴⁰/₁). r Vegetationspunkt, b Blattanlagen.

An allen Sprossachsen entstehen, wie schon kurz erwähnt, ausser den Seitensprossen noch andere seitliche Organe, die Blätter. Dieselben besitzen keinen Vegetationspunkt und haben ein begrenztes Wachstum, auch sind dieselben zur Ausbildung gleichartiger seitlicher Organe höherer Ordnung normal nicht befähigt. Die Blätter werden wie die Seitensprosse exogen am Vegetationspunkt ihrer Abstammungsachse angelegt. Sie treten zuerst als rundliche Höckerchen an dem Scheitel des Sprosses hervor und werden in diesem Zustande als Primordialblätter bezeichnet.

In der Regel stehen die Blätter zu den an derselben Achse entspringenden Seitensprossen in einer bestimmten Beziehung, indem über

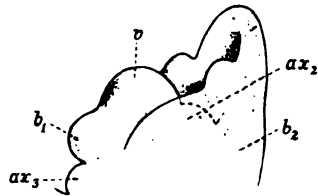
der Insertion, d. i. Anheftungsstelle, jedes Blattes die **Anlage** eines Seitensprosses vorhanden ist. Am Vegetationspunkt ist im Anfang nur das Primordialblatt als Höcker unterhalb des Sprossgipfels zu erkennen und erst später, wenn das ihn schützende Blatt schon eine gewisse Entwicklung erreicht hat, tritt auch der Vegetationspunkt des Seitensprosses in der Achsel des Blattes über die Oberfläche der Abstammungsachse hervor. Fälle, in denen mehrere Achselsprosse bei jedem Blatt vorhanden sind, oder in denen die Seitensprosse neben oder unter dem Blatt entspringen, sind verhältnissmässig selten. In Beziehung auf den in seiner Achsel stehenden Seitenspross wird das Blatt als **Stützblatt** oder **Deckblatt** bezeichnet, die Anlage des Seitensprosses wird **Achselknospe** des Blattes genannt.

Von der Regel, dass in allen Blattachseln Achselknospen vorhanden sind, finden sich zahlreiche Ausnahmen in der Gruppe der Nadelhölzer. Bei den übrigen Samenpflanzen fehlen die Knospen in den Achseln der Blütenblätter. Bei dichotomisch verzweigten Sprossen ist eine regelmässige Beziehung zwischen der Stellung der Blätter und der Verzweigung der Achse nicht vorhanden.

Nicht alle Achselknospen entwickeln sich zu Seitensprossen, manche verkümmern schon als Anlagen vollständig, andere verharren viele Jahre lang im Knospenzustande, um erst später, oft wenn das Deckblatt längst abgeworfen worden ist, sich zu beblätterten Sprossen zu entwickeln. Die Knospen, welche sich erst nach längerer Ruhezeit entfalten, werden als **schlafende Augen** bezeichnet.

Ausser den normal am Vegetationspunkt des Sprosses angelegten in der Achsel der Blätter stehenden Seitensprossen finden sich gelegentlich an beliebigen Stellen der Sprossachsen Seitensprosse, welche als **Adventivsprosse** bezeichnet werden. Adventivsprosse können selbst aus Wurzeln entspringen, wie das bei den **Wurzelsprossen** vieler Bäume und Sträucher der Fall ist. Neben der spontanen Adventivsprossbildung möge kurz noch der durch mechanische Verletzung veranlassten Ausbildungen eines embryonalen Gewebes gedacht werden, von welchem zahlreiche Adventivsprosse erzeugt werden können, eine Erscheinung, welche an der Ueberwallungsstelle von Baumwunden häufig zu beobachten ist, und zu welcher auch die Stockausschläge an den stehenbleibenden Stümpfen gefällter Bäume zu rechnen sind. Die Anordnung der Adventivsprosse an ihrer Abstammungsachse ist regellos und steht zu der Blattstellung in keiner Beziehung.

Die Querscheiben des Sprosses, an welchen die Blätter mit ihren Achselknospen eingefügt sind, heissen **Knoten**, sie sind durch die blattfreien Sprossheile, die **Internodien** von einander getrennt. Bezüglich der Anordnung der Blätter an der Sprossachse unterscheidet man die



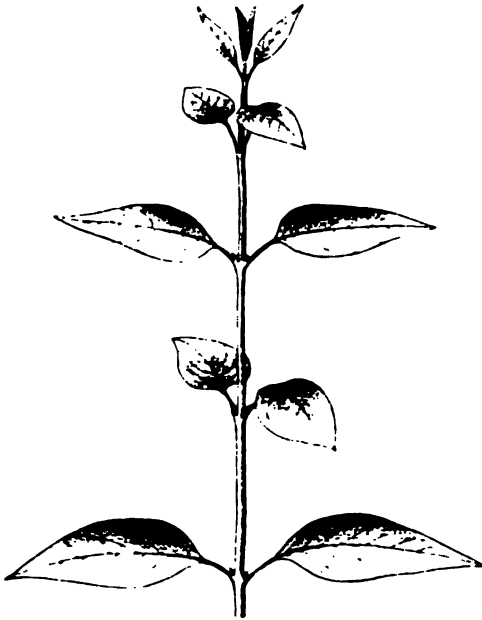
Figur 11.

Sprossspitze von *Ranunculus repens*, durch Fortnahme der älteren Blätter freigelegt (⁶⁴/₁). *v.* Vegetationspunkt, *b*₁ jüngstes Blatt, *b*₂ zweites Blatt, in dessen Achsel die Anlage des Achselsprosses *ax*₁ hervortritt; *ax*₂ Achselknospe, welche zu dem fortpräparierten drittingsten Blatt gehört.

Quirlstellung, bei welcher zwei oder mehr Blätter an jedem Stengelknoten vorhanden sind, und die **Spiralstellung**, bei welcher jeder

Knoten ein einziges Blatt trägt. Gewöhnlich sind bei der Quirlstellung die Blätter in den aufeinanderfolgenden Quirlen **alternierend**, d. h. die Blätter jedes Quirls stehen über den Zwischenräumen des vorhergehenden. Eine besonders häufige Form der Quirlstellung ist die Anordnung der Blätter in zweizähligen alternierenden Wirteln, die gewöhnlich als die gekreuzte oder decussirte Blattstellung bezeichnet wird.

Bei der Spiralstellung stellt die Linie, welche die Ansatzstellen aller Blätter nach der Reihenfolge ihrer Entstehung auf dem nächsten Wege miteinander verbindet auf der Oberfläche der Sprossachse eine Spirallinie dar, welche als **genetische Spirale** oder



Figur 12.

Spross von Syringa mit gekreuzter (decussirter) Blattstellung ($\frac{1}{2}$).

Grundspirale bezeichnet wird. Die Blätter sind in der Regel in annähernd gleichen Abständen auf dieser Spirale vertheilt. Der Bruchtheil eines Spiralenumlauftes, welcher zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Blättern liegt, wird, in Zahlen ausgedrückt, als die **Divergenz** der Blattstellung bezeichnet. Als häufigste Divergenzen sind die folgenden zu nennen: $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$ u. s. f. Dieselben stellen die Glieder einer Reihe dar, in welcher der Zähler und der Nenner jedes Bruches die Summe der beiden vorausgehenden Zähler respektive Nenner darstellt. Indessen kommen Divergenzen wie $\frac{2}{7}$, $\frac{2}{9}$, $\frac{2}{11}$ u. a. m., welche nicht in diese Reihe passen, nicht gerade selten vor.

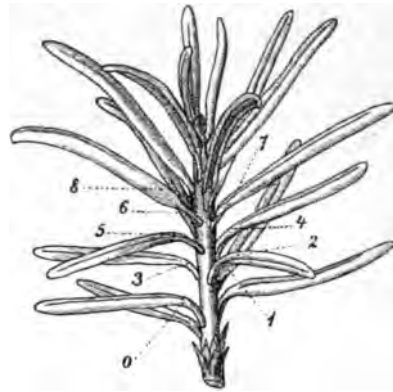
Um in einem konkreten Falle die Divergenz der Blattstellung zu bestimmen, verfährt man am besten in der Weise, dass man an dem Sprosse zwei genau übereinander stehende Blätter aufsucht und von dem einen derselben mit Null anfangend alle Blätter auf der Grundspirale abzählt bis zu dem andern. Zugleich hat



Figur 13.

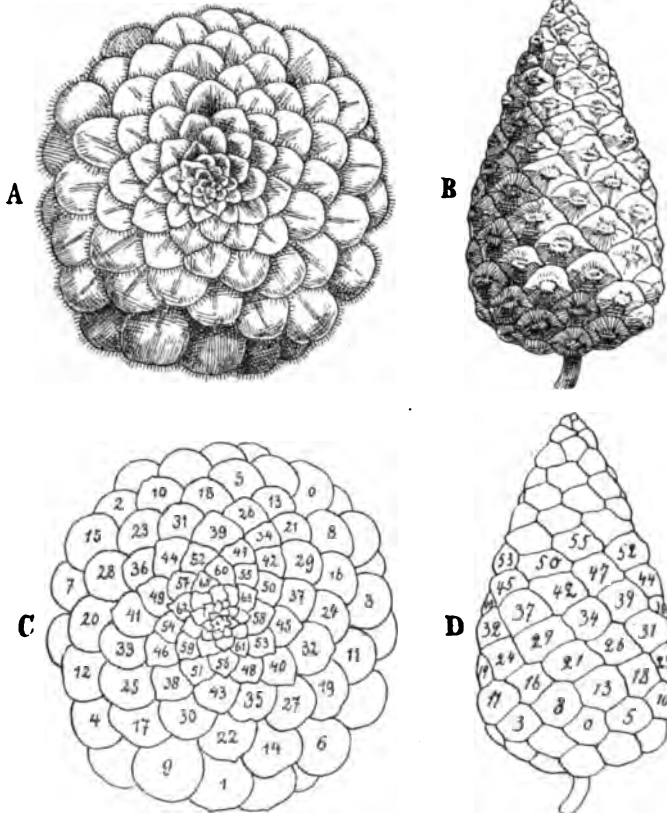
Schema der Spiralstellung mit $\frac{2}{5}$ Divergenz. 0—5 die aufeinanderfolgenden Blatinserien.

man darauf zu achten, wie viele Spiralen-umläufe die Grundspirale von dem Nullpunkt bis zu dem Endpunkt der Zählung durchläuft. Indem man die Zahl der Umläufe durch die Zahl der auf ihnen vorhandenen Blätter theilt, erhält man den Theil eines Spiralumlaufes, welcher zwischen je zwei Blättern liegt, d. h. die Divergenz der Blattstellung. An dem in Figur 14 abgebildeten Sprossstück von *Ledum palustre* z. B. stehen die Blätter 0 und 8 genau übereinander. Wenn wir der Reihenfolge der Blätter von 0 bis 8 auf der Grundspirale folgen, so müssen wir drei volle Spiralenumläufe beschreiben. Die Differenz ist also $= \frac{3}{8}$.



Figur 14.

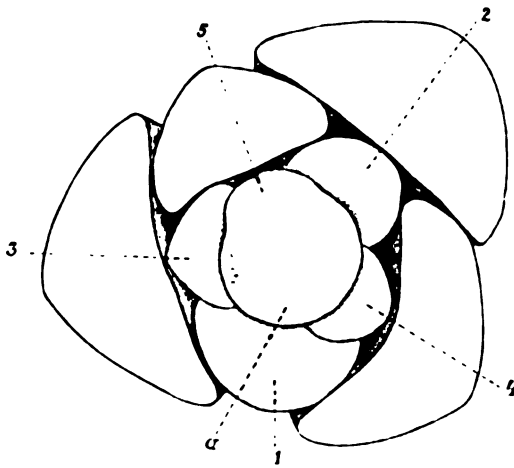
Spross von *Ledum palustre*. Die Blätter stehen in $\frac{3}{8}$ Divergenz.



Figur 15.

A Blattrosette von *Sempervivum tabulaeforme*. B Zapfen von *Pinus maritima*. C und D dieselben Objekte mit Numerirung der Blätter (nach Payer, D mit berichtigter Numerirung).

Wenn an einer kurzen Sprossachse sehr zahlreiche Blätter dicht gedrängt vorhanden sind, so lässt sich die Grundspirale nicht leicht direkt auffinden. Man erkennt aber auch dann das Vorhandensein einer regelmässigen Anordnung der Glieder. Die Blätter erscheinen in nebeneinander verlaufenden Schrägreihen angeordnet, welche **Parastichen** genannt werden. Es lassen sich in jedem Falle mehrere Systeme von Parastichen unterscheiden, je nachdem man nahe liegende oder entferntere Blätter zu Reihen verbindet, und je nachdem man die Reihen in rechtsläufiger oder linksläufiger Spirale verfolgt. In der vorstehenden Abbildung (Fig. 15 D) bilden die Blätter 0, 8, 16, 24 eine Parastiche, ebenso die Blätter 0, 5, 10 und 0, 13, 26, 39. Die Reihen, welche durch die genau übereinander liegenden Blätter gebildet werden, heissen **Orthostichen**. Die Blätter



Figur 16.

Sprossgipfel von *Cryptomeria japonica* von oben (¹⁴⁹ 1). Die Blattanlagen folgen in der durch die Zahlen bezeichneten Reihenfolge aufeinander. 5 jüngstes Primordialblatt. a die Stelle des Vegetationspunktes, an welcher das nächstfolgende Blatt entstehen würde.

0, 21, 42, 63 an dem abgebildeten Sprosse von *Sempervivum* stellen eine Orthostiche dar. Durch eine rein mathematische Kalkulation ergibt sich, dass die Differenz zwischen den Nummern der aufeinander folgenden Blätter einer Parastiche gleich der Zahl der gleichgerichteten Parastichen sein muss. Man kann also aus der Zahl der vorhandenen gleichgerichteten Parastichen die Nummer bestimmen, welche jedem einzelnen Gliede einer Parastiche bei beliebiger Fixirung des Nullpunktes zukommt. Indem man zwei sich kreuzende Parastichensysteme zu dieser Bestimmung benutzt, findet man leicht die Nummer jedes einzelnen Blattes und ist dann im Stande, die Grundspirale

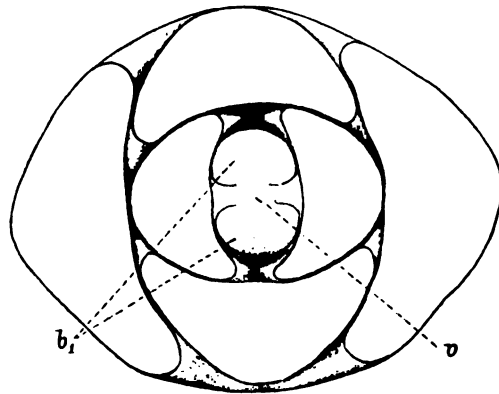
zu verfolgen und die Divergenz der Blattstellung in der oben angegebenen Weise zu bestimmen.

Die mathematische Regelmässigkeit, welche in der Blattstellung zum Ausdruck kommt, lässt sich zum Theil auf die Entstehungsweise der Blätter am Vegetationspunkt zurückführen, für welche im Allgemeinen das Gesetz Geltung hat, dass die aufeinanderfolgenden Primordialblätter stets dort angelegt werden, wo in grösstmöglicher Entfernung vom Scheitel des fortwachsenden Vegetationspunktes der grösste freie Theil der jungen Sprossoberfläche zur Verfügung steht. Die Figur 16 stellt einen Sprossgipfel von oben gesehen dar. Die an demselben vorhandenen Blattanlagen stehen in $\frac{2}{5}$ Divergenz. Nach dem angegebenen Gesetz muss das nächste Blatt zwischen den Primordien 3 und 4 an der

durch den Buchstaben *a* bezeichneten Stelle des Vegetationskegels angelegt werden. Es fällt also gerade über das vorhandene Blatt 1 und setzt die Spirale regelrecht in der $\frac{2}{5}$ Divergenz fort. Das Alterniren der aufeinanderfolgenden Wirtel bei Quirlstellung der Blätter ist, wie Figur 17 zeigt, durch dieses Gesetz gleichfalls erklärt.

Wenn das Wachstum des Vegetationspunktes eingestellt wird, wenn also alle vorhandene embryonale Substanz zur Ausbildung von Blättern aufgebraucht wird, wie das bei der Blütenbildung der Samenpflanzen der Fall ist, so verliert das Gesetz von der Entstehungsfolge der Blätter seine Geltung. Es treten dann oft weitgehende Aenderungen in der Blattstellung ein. Da auch hinsichtlich der Gestalt und Beschaffenheit der Blätter und der Sprossachse die Blüthensprosse wesentlich von den vegetativen Sprossen verschieden sind, so wird neben der Morphologie des vegetativen Sprosses diejenige des Blüthensprosses weiter unten in einem besonderen Kapitel eingehender besprochen werden.

Das Gesetz von der Blattstellung ist zum Theil durch äussere, rein mechanische Ursachen bedingt. Eine neue Blattanlage kann immer nur dort entstehen, wo auf der Oberfläche des Sprossgipfels Platz für dieselbe vorhanden ist und wo ihre Ausgliederung nicht durch das Vorhandensein anderer Anlagen unterdrückt wird. Andererseits beweist aber schon das abweichende Verhalten der Blüthen, dass auch innere, in der Beschaffenheit der Sprossachse begründete, Ursachen für das Zustandekommen der Blattstellung mit in Wirkung treten.



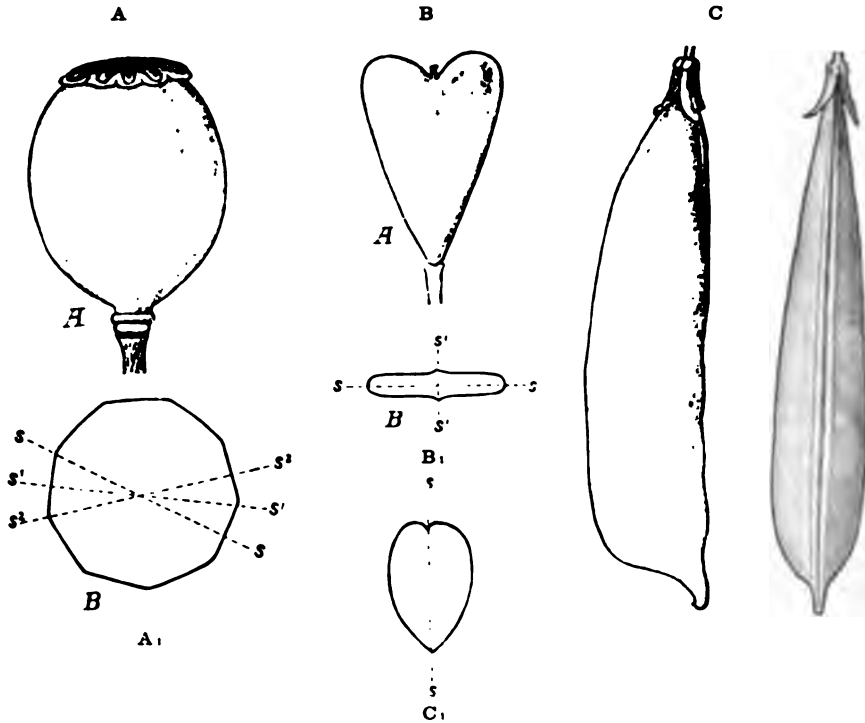
Figur 17.

Sprossgipfel von *Syringa vulgaris* von oben ($\frac{70}{1}$).
v Vegetationspunkt. *b*₁ jüngstes Blattpaar.

Gelegentlich wird die Blattstellung durch innere oder äussere Ursachen derart beeinflusst, dass die Blätter nicht gleichmässig nach allen Seiten um die Sprossachse angeordnet sind, sei es nun, dass die ursprünglich regelmässig stehenden Anlagen später durch Wachstum verschoben worden sind, oder sei es, dass schon am Vegetationspunkt die Unregelmässigkeit eintritt. Auf diese Weise kommen Sprossformen zu Stande, welche als bilaterale und dorsiventrals den regelmässig radiär gebauten gegenüberstehen.

Die Ausdrücke radiär, bilateral und dorsiventral, welche nicht nur zur Unterscheidung der Ausbildungsformen der Beblätterung, sondern überhaupt zur Charakterisirung der Symmetrieverhältnisse des Pflanzenkörpers und seiner Theile verwendet werden, sind von den Autoren zum Theil in verschiedener Bedeutung verwendet worden. Als **radiär** soll im Folgenden ein Gebilde bezeichnet werden, wenn dasselbe eine gleich-

mässige Anordnung seiner Theile rings um eine Achse aufweist. Ein solches Gebilde lässt sich durch drei oder mehr durch seine Achse gelegte Ebenen in zwei symmetrische Hälften zerlegen. Eine Fichte, etwa ein Weihnachtsbaum, dessen Seitenzweige alle annähernd gleichmässig rings um die Hauptachse, den Stamm, ausgebreitet sind, ist radiär gebaut, ebenso zeigt eine Mohnkapsel oder eine Mohrrübe radiäre Symmetrie. Die **bilaterale** Symmetrie ist darin ausgesprochen, dass die Ausbildung und Anordnung der Theile nach zwei entgegengesetzten Seiten der Haupt-



Figur 14

A Kapsel von *Papaver umbrosum*. **B** Schote von *Capsella Bursa pastoris* (1). **C** Hülse von *Pisum*. **A1** **B1** **C1** die Querschnitte der Gebilde, welche zeigen, dass **A** radiär, **B** bilateral und **C** dorsiventral gebaut ist. *s-s* Symmetrieebene.

achse hin eine wesentlich andere ist als in der dazu senkrechten Richtung. Bekannte Beispiele bieten der oberirdische Theil einer Schwertlilie und das Schötchen des Hirtentäschelkrautes. Die bilateralen Gebilde lassen sich durch zwei durch die Längsachse gelegte aufeinander senkrechte Ebenen in symmetrische Hälften zerlegen. Bei den **dorsiventralen** Gebilden ist eine symmetrische Theilung nur in einer einzigen Richtung möglich. Man kann an denselben eine verschieden ausgebildete Bauch- und Ruckenseite unterscheiden und die Ebene, welche durch die Mittellinie dieser beiden Seiten gelegt wird, ist die Symmetrieebene. Die am

Boden kriechenden Sprosse vieler Pflanzen, die Hülsen der Erbse, sind Beispiele für dorsiventralen Bau. Es kann sich bei den organischen Gebilden natürlich nicht um eine vollständige mathematische Symmetrie handeln. Bei der Fichte und dem Irisspross sind die seitlichen Organe nicht auf gleicher Höhe an der Achse eingefügt; an den Kapseln, Schoten und Hülsen sind immer kleine Unregelmässigkeiten vorhanden. Es gibt indess auch eine Reihe von dorsiventralen Pflanzen und Pflanzentheilen, bei denen, selbst wenn man von kleinen unwesentlichen oder zufälligen Unregelmässigkeiten absehen will, eine Symmetrie nicht vorhanden ist. Als Beispiel für einen solchen gänzlich **unsymmetrischen** Bau möge das Blatt der Begonien angeführt werden (Fig. 19).



Figur 19.
Unsymmetrisches Blatt von Begonia.

4. Der Thallus.

Nicht bei allen polar gebauten Pflanzen ist der Spross so gegliedert, dass wir an demselben eine Sprossachse und seitliche Organe, die Blätter, unterscheiden können. Schon bei vereinzelt Samenpflanzen, weit häufiger aber bei den Lebermoosen und fast ausnahmslos bei den Algen und Pilzen ist der Spross ein ungegliederter oder wenig gegliederter Gewebekörper, den man als **Thallus** bezeichnet. Ein einfaches Beispiel eines thallosen Sprosses bietet das auf Seite 4 abgebildete Botrydium granulatum. Der Spross bleibt dort auch auf der höchsten Stufe der Entwicklung unverzweigt. Bei andern Algen ist der Spross oft reichlich verzweigt, wofür die Abbildung Figur 6 B auf Seite 8 ein Beispiel bietet. Bei den thallosen Lebermoosen ist der Spross ein dorsiventral gebautes, laubartig ausgebreitetes Gebilde, welches dem Boden angeschmiegt wächst und meistens dichotomisch in Seitensprosse zertheilt ist.



Figur 20.
Dorsiventral gebauter, thalloser Spross des Lebermooses *Marchantia polymorpha*, welcher mit einem dichten Filz von Haarwurzeln am Boden befestigt ist.

An die Pflanzen mit thallosem Spross schliessen sich nach unten hin Gewächse an, deren einfacher Vegetationskörper eine Unterscheidung von Spross und Wurzel ausschliesst. Dahin gehören die Fadenalgen, deren einige noch in der Ausbildung der einzelnen Zellen eine Differenz zwischen Basis und Spitze deutlich erkennen lassen, während andere der Polarität entbehren. — ferner die meisten einzelligen Pflanzen und endlich die Schleimpilze, deren Vegetationskörper schleim- oder salbenartige Massen ohne bestimmte Formen sind.

Zweites Kapitel. Die Wurzel.

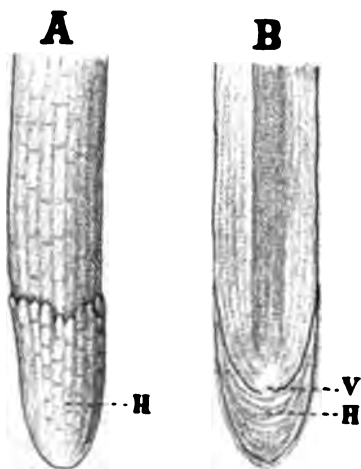
1. Die typische Wurzel der Gefässpflanzen.

Als Wurzel im weitesten Sinne ist im ersten Kapitel derjenige Theil des Pflanzenkörpers bezeichnet worden, welcher nach abwärts wachsend die Pflanze an der Unterlage festsetzt und die Zufuhr von Wasser und Nährstoffen aus der letzteren vermittelt. In den verschiedenen Abtheilungen des Pflanzenreiches zeigen die Wurzeln und wurzelähnlichen Organe eine

sehr verschiedene Form und Ausbildung. Die höchst entwickelten Wurzeln treffen wir bei den Gefässpflanzen, d. i. den Samenpflanzen und den Farnpflanzen an. Dieselben haben im jugendlichen Zustande die Gestalt eines langgestreckten Cylinders, welcher sich nach dem unteren Ende, der Wurzelspitze hin ein wenig verschmälert und abrundet.

Die **Wurzelhaube**. — Das Längenwachsthum der Wurzel wird durch ein embryonales Gewebe, den Vegetationspunkt der Wurzel, vermittelt. Derselbe liegt nahe hinter der äussersten Spitze der Wurzel; er wird nach aussen hin von der Wurzelhaube überdeckt. Die Wurzelhaube, welche von dem Vegetationspunkt her fortgesetzt einen Zuwachs erfährt und also ihre jüngsten Theile nach innen, die älteren ausgewachsenen nach aussen kehrt, ist wie ein Futteral (Fig. 21) über die Spitze der Wurzel gezogen

und schützt das weiche Gewebe des Vegetationspunktes gegen mechanische Verletzung, zugleich verhindert dieselbe auch, dass die sehr inhaltsreichen jugendlichen Gewebetheile von dem mit der Wurzelspitze in Berührung kommenden Wasser ausgelaugt werden. Die meisten Wurzeln entwickeln sich im Erdboden, bei wenigen geht die Entwicklung im Wasser vor sich. Bei den in den Boden eindringenden



Figur 21.

A Spitze einer Wurzel von *Urtica dioica* ¹⁰ 1). **B** Längsschnitt durch die Wurzelspitze von *Acorus Calamus* ¹⁴ 1).
V Vegetationspunkt, H Wurzelhaube.

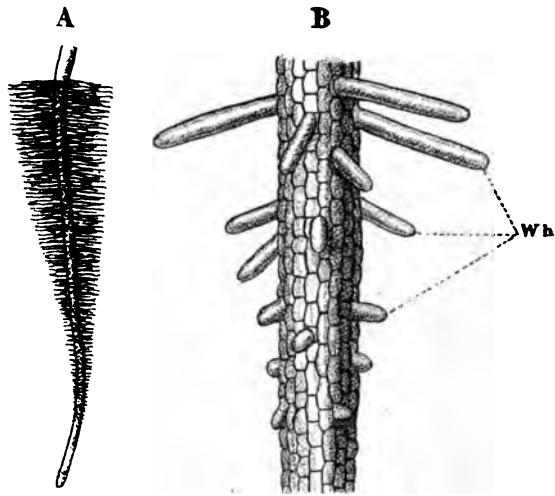
Wurzeln hat die Wurzelhaube noch eine andere Funktion zu erfüllen. Indem nämlich die äusseren Zellen der Wurzelhaube zu Schleim verquellen, bekommt die Wurzelspitze eine schlüpfrige Beschaffenheit, welche das Eindringen derselben zwischen die Bestandtheile des Erdbodens ermöglicht oder doch wesentlich erleichtert.

Die **Wurzelhaare**. — Für die Vermittelung der Aufnahme von Wasser und löslichen Nährstoffen aus dem Boden sind an den Wurzeln eigene Organe, die Wurzelhaare, vorhanden. Dieselben haben die Gestalt langer, dünner, cylindrischer Schläuche und bedecken in dichtem Filz die Oberfläche der jugendlichen Wurzeltheile kurz hinter der von der Wurzelhaube überzogenen Wurzelspitze (Fig. 22). Wenn durch das Wachstum der Spitze neue Oberflächentheile aus der Wurzelhaube hervor-

geschoben werden, beginnt alsbald auf ihnen die Entwicklung der Wurzelhaare. Dieselben treten zuerst als winzige Höckerchen über die Oberfläche hervor und wachsen schnell heran, indem sie sich zwischen die Bodenpartikelchen hineinschieben und innig mit denselben verwachsen. Wie in dem Abschnitt über die Physiologie später eingehender zu erörtern sein wird, nehmen die Wurzelhaare aus den mit ihnen in Berührung befindlichen Bodentheilen und aus dem zwischen denselben vorhandenen Wasser direkt anorganische Nährstoffe im gelösten Zustande auf und führen sie dem Wurzel-

körper zu, durch dessen Leitbahnen sie in den Spross und in die Blätter gelangen, wo unter der Einwirkung des Lichtes die Assimilation, d. h. der Aufbau komplizirter organischer Verbindungen aus der anorganischen Materie vor sich geht.

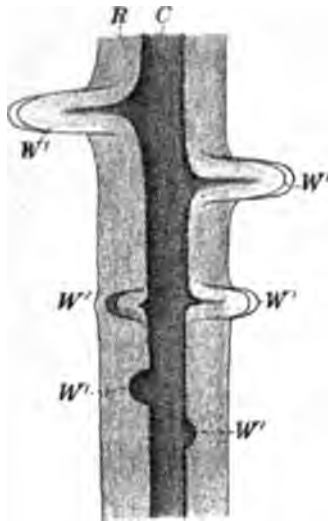
Die Wurzelhaare besitzen nur eine kurze Lebensdauer, auch im günstigsten Falle gehen dieselben wenige Centimeter weit hinter der fortwachsenden Wurzelspitze zu Grunde, während weiter vorne durch die neuentstehenden Haare ein Ersatz gebildet wird. Indem die Spitzen der Haupt- und Seitenwurzeln stetig weiter im Boden vorrücken, werden die immerfort neu gebildeten Wurzelhaare mit immer neuen Bodentheilen in Berührung gebracht, so dass eine möglichst vollständige Ausnutzung aller im Boden vorhandenen Nährstoffe durch die Pflanze erfolgen kann.



Figur 22.

A Spitze der Wurzel von *Lepidium sativum* ($\frac{4}{1}$). Die Oberfläche ist bis nahe zur Spitze mit Wurzelhaaren bedeckt. **B** Theil einer Wurzel von *Trianea bogotensis* mit jungen Wurzelhaaren *Wh* ($\frac{85}{1}$).

Die Seitenwurzeln. — Die Verzweigung der Hauptwurzel geht von dem embryonalen Gewebe an der Wurzelspitze aus in der Weise, dass die neu auftretenden Vegetationspunkte der Seitenwurzeln als direkte Abkömmlinge, als abgetrennte Theile des Vegetationspunktes der Hauptwurzel anzusehen sind. Kurz hinter der fortwachsenden Spitze treten im Innern des Wurzelkörpers die ersten Anlagen der Seitenwurzeln auf, an denen der Vegetationspunkt und die ihn bedeckende Wurzelhaube sehr bald deutlich zu erkennen sind. Indem die Anlage sich durch Wach-



Figur 23.

Längsschnitt durch eine Wurzel von *Ranunculus repens* mit Seitenwurzeln *W'*, welche an dem Centralkörper *C* der Wurzel entspringen und die Rinde *R* durchbrechen. Die Figur ist etwas schematisch. Um mehrere verschieden grosse Anlagen von Seitenwurzeln zeigen zu können, wurden die Zwischenstücke der Wurzel verkürzt gezeichnet (¹⁹ 1).

thum verlängert, durchbricht sie die sie bedeckenden Gewebeschichten der Hauptwurzel und tritt freiwerdend in den Boden ein. Sie verhält sich dann bezüglich des Wachstums und der Verzweigung analog wie die Hauptwurzel. In Folge der Beziehung, welche zwischen dem anatomischen Bau der Wurzeln und der Anlage der an ihnen entstehenden Seitenwurzeln besteht, sind die letzteren anfänglich in meist regelmässigen Längsreihen an der Abstammungsachse angeordnet. Später pflegen aber zwischen den vorhandenen Seitenwurzeln an beliebigen Stellen andere Seitenwurzeln hervorzubrechen, so dass dadurch die Regelmässigkeit der Anordnung gestört wird.

Die Wachstumsrichtung der Hauptwurzel und der Seitenwurzeln niedern Grades ist, wie später gezeigt werden soll, abhängig von der Wirkung der Schwerkraft. Die Befestigung der Pflanze im Erdboden wird wesentlich dadurch erreicht und erhöht, dass die Seitenwurzeln eine von der Hauptwurzel verschiedene Richtung einschlagen und so, indem sie nach allen Seiten hin mit dem Erdreich verwachsen, den Pflanzestamm sicher verankern.

Die Hauptwurzel, welche, wie früher erwähnt wurde, direkt aus der Keimwurzel des Embryos hervorgegangen ist und, räumlich verstanden, die Fortsetzung des Haupt-

sprosses nach unten hin darstellt, erfährt bei vielen Gewächsen, z. B. den Eichen, eine mächtige Entwicklung, sie bildet die **Pfahlwurzel**, als deren seitliche Anhängsel die Seitenwurzeln erscheinen. Bei anderen Pflanzen, z. B. den Pappeln, bleibt die Hauptwurzel schwach, während die flach im Boden hinstreichenden Seitenwurzeln sich kräftig entwickeln und ein weit ausgreifendes Wurzelsystem bilden.

2. Die Adventivwurzeln.

Nicht selten ist der Fall, dass die Anlage der Hauptwurzel schon in einem sehr frühen Entwicklungsstadium vollständig verkümmert. Die Festhaltung der Pflanze und die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen wird dann durch Wurzeln besorgt, welche sekundär aus der Sprossachse entstehen, und welche als Adventivwurzeln im weitern Sinne zu bezeichnen sind (Fig. 24).



Figur 24.

Spross von *Veronica Beccabunga* mit Adventivwurzeln *W* ($\frac{1}{2}$).



Figur 25.

An einem Baumstamm emporwachsende *Monstera deliciosa* mit langen Luftwurzeln *W* (ca. $\frac{1}{40}$).

So entbehren z. B. alle monokotylen Samenpflanzen, selbst die riesigen Palmen, der Hauptwurzel. Ein Wurzelsystem, welches statt aus einer monopodial verzweigten Hauptwurzel, aus zahlreichen büschelig neben einander stehenden Adventivwurzeln besteht, wird als Faserwurzel bezeichnet.

In der Regel entspringen die Adventivwurzeln aus den dem Boden genäherten oder in denselben versenkten Knoten der Sprossachse; sie stehen entweder ringsum ziemlich gleichmässig vertheilt, wie es bei den

meisten Monokotylen der Fall ist, oder vorwiegend unter oder neben der Blattinsertion oder an der derselben entgegengesetzten Seite des Sprosses. Bei einigen dikotylen Pflanzen entspringen sie aus der Achsel der Blätter. Nur in verhältnissmässig wenigen Fällen stehen die Adventivwurzeln zu der Blattstellung in keiner nachweisbaren Beziehung; so können z. B. aus den Internodien der Weiden und anderer Holzgewächse Wurzeln (Adventivwurzeln im engeren Sinne) entspringen.

Luftwurzeln. — Während bei den einheimischen Gewächsen die Adventivwurzeln meist in geringer Höhe über dem Erdboden aus dem



Figur 26.

Rhizophora mucronata mit Stelzwurzeln (stark verkleinert).

Spross hervorbrechen und alsbald in den Boden eindringen, werden bei manchen tropischen und subtropischen Pflanzen, z. B. bei vielen Aroideen, auch an höher gelegenen Theilen des Sprosses Wurzeln ausgebildet. Dieselben werden als Luftwurzeln bezeichnet (Fig. 25). Sie wachsen in der Regel senkrecht abwärts und verzweigen sich, sobald sie in den Erdboden eingedrungen sind.

Bei vielen tropischen Orchideen und auch bei einigen Aroideen mit epiphytischer Lebensweise finden wir an den Luftwurzeln besondere Einrichtungen, welche diese Organe in Stand setzen, Wasser aufzusaugen,

auch wenn sie nicht mit dem Erdboden in Berührung stehen. Die Luftwurzeln sind dort nämlich mit einem porösen Gewebe, der **Wurzelhülle**, umgeben, welches sich bei Regen oder Thaubildung mit Wasser vollsaugt, so dass den Pflanzen auch während der trockenen Zeit des Tages die zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse nöthige Feuchtigkeit zur Verfügung steht.

Stelzwurzeln. — Eine hierher gehörige Erscheinung ist ferner die Bildung von Stelzwurzeln zur Aufrechterhaltung der Sprossachse.

An seichten, brandungslosen Küsten tropischer Meere findet sich häufig eine eigenthümliche Vegetation von Bäumen und Sträuchern aus verschiedenen Verwandtschaftskreisen, welche als Mangroveformation bezeichnet wird. Zur Fluthzeit stehen die Pflanzen im Wasser, während der Ebbe ist der sie tragende Schlickboden blossgelegt. Der untere Theil der Stämme ist gewöhnlich nur schwach entwickelt, er stirbt bisweilen gänzlich ab; weiter oben entspringen am Spross starke

Adventivwurzeln, welche sich bogenförmig nach unten wenden und in den Boden eindringen, so dass die ganze Pflanze von ihnen wie durch Strebepfeiler aufrecht gehalten wird (Fig. 26). Aehnliche Stelzwurzeln kommen gelegentlich auch bei Pflanzen des festen Landes, z. B. bei einigen Palmen, vor.

Stützwurzeln. — Eine auffällige Erscheinung bieten

die Luftwurzeln einiger tropischen Feigenbäume dar. Die an den horizontal gerichteten Zweigen entspringenden Adventivwurzeln hängen anfangs als schlaffe, unverzweigte Stränge von oben herab. Sobald sie den Erdboden erreichen, dringt die Wurzelspitze ein und bildet Seitenwurzeln aus, welche das Gebilde im Boden befestigen. Durch eine alsbald eintretende Verkürzung des älteren Theiles wird die Luftwurzel straff gespannt und vermag nun ihre Funktionen, Befestigung der Pflanze am Substrat und Aufnahme von Wasser und Nährstoffen, zu erfüllen. Später erfährt dann der Körper der Luftwurzeln noch ein beträchtliches Dickenwachsthum, so

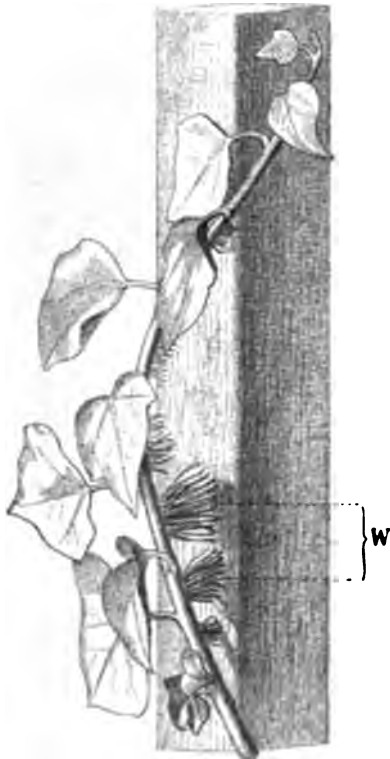


Figur 27.

Stamm und Hauptäste von *Ficus religiosa* mit Stützwurzeln (stark verkleinert).

dass die Wurzeln zugleich kräftige Stützpfiler für die weitausgebreiteten Zweige dieser Bäume bilden. Ein älteres Exemplar von *Ficus religiosa* gleicht in Folge der Stützwurzelbildung einem ganzen Walde von einzelnen Stämmen (Fig. 27).

Haftwurzeln. — Wie in den angeführten Fällen die Erhaltung des Stammes in aufrechter Stellung durch die Ausbildung der Luft-



Figur 28.

Spross von *Hedera Helix* mit Haftwurzeln *W* an einer Spalierstange befestigt (1.).

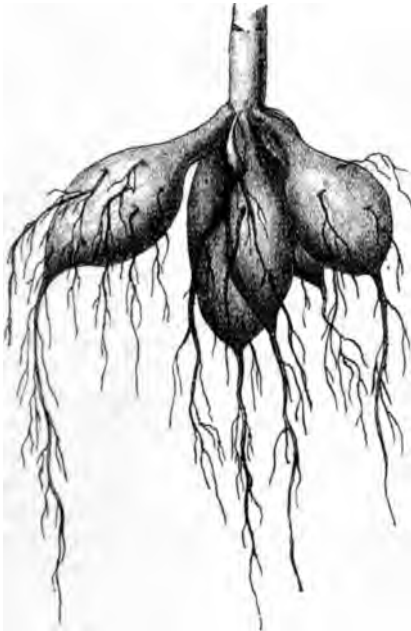
wurzeln zu Stelz- und Stützwurzeln bewirkt wird, so finden wir bei anderen Pflanzen die Fixirung des Sprosses in seiner vortheilhaftesten Lage dadurch erreicht, dass er durch Luftwurzeln an einer vertikalen Unterlage, einer Felsenwand, einer Mauer, einem Baumstamm, festgeheftet wird. Ein Beispiel für diese Wurzelart, die man als Haftwurzel bezeichnet, bietet unter den einheimischen Gewächsen der Epheu. An dem schlanken, biegsamen Stamme entspringen auf der dem Substrat zugekehrten Seite zahlreiche faserförmige Adventivwurzeln, welche in die Ritzen und Unebenheiten der Unterlage eindringend den Spross befestigen und ihm ermöglichen, höher und höher emporzuklettern (Fig. 28). In dem Wurzelsystem des Epheu ist gewissermassen eine Arbeitstheilung eingetreten. Während die im Boden steckenden Wurzeln die Aufnahme von Wasser und Nahrung besorgen, dienen die Luftwurzeln nur zur Befestigung der Pflanze an der Unterlage. Eine ähnliche Arbeitstheilung ist im Wurzelsystem einiger tropischen Gewächse vorhanden, welche epiphytisch, d. h. vom Erdboden entfernt auf den Zweigen grösserer Bäume oder auf Felsblöcken leben. Die Nährwurzeln senken sich von dem erhöhten Standorte aus auf kürzestem Wege zum

Erdboden und dringen in denselben ein; die kürzer bleibenden Haftwurzeln wickeln sich um die Aeste des von der Pflanze bewohnten Baumes oder schmiegen sich der Oberfläche derselben dicht an und befestigen so die Pflanze auf ihrem Wohnplatze.

3. Metamorphosirte Wurzeln.

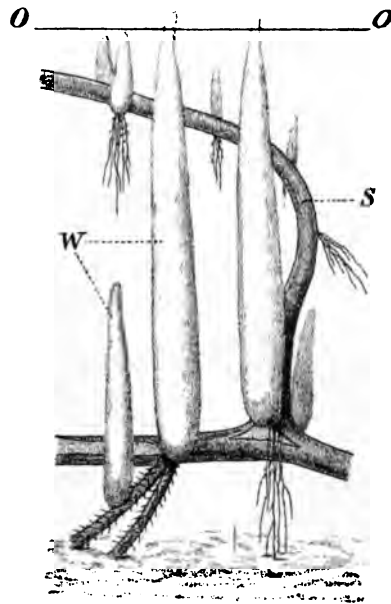
Gelegentlich haben die Wurzeln der Pflanzen neben oder anstatt der Funktion der Wasser- und Nährstoffaufnahme und der Befestigung der Pflanze am Erdboden andere Lebensverrichtungen übernommen. Wir finden dann in Beziehung zu der neuen Funktion auch den Bau und die Ausbildung der Wurzeln eigenthümlich verändert.

Wurzeln als Reservestoffbehälter. — Bei vielen Pflanzen mit mehrjähriger Lebensdauer werden die Wurzeln zu Reservestoffbehältern



Figur 29.

Wurzelknollen von *Dahlia variabilis* ($\frac{1}{2}$).



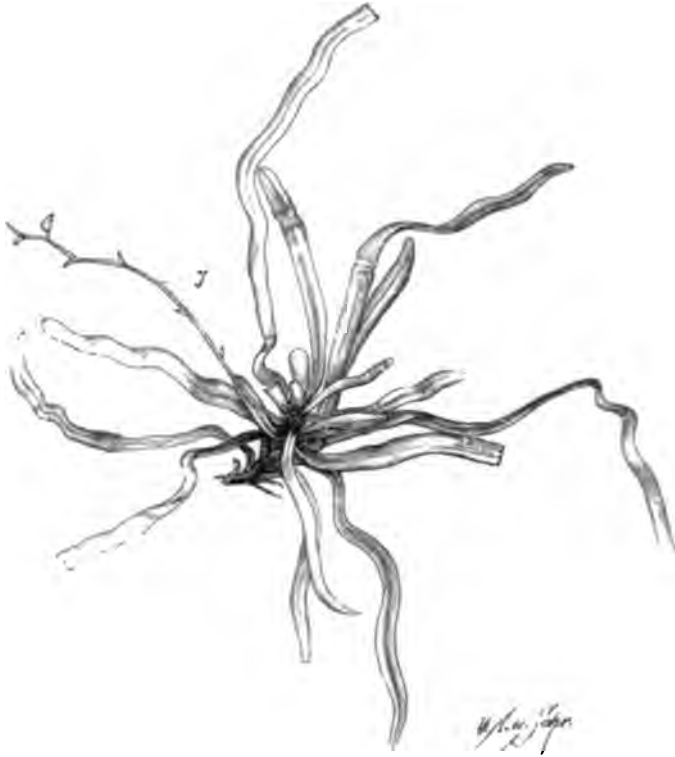
Figur 30.

Sprosstück von *Jussiaea repens* mit Athemwurzeln *W*. *S* unterer Theil eines beblätterten Seitensprosses. *O—O* Wasseroberfläche ($\frac{1}{2}$).

ausgebildet, in denen organische Bildungstoffe, welche von der Pflanze während einer Vegetationsperiode produziert worden sind, abgelagert werden, um nach Ablauf einer Ruhezeit beim Beginn der neuen Vegetationsperiode den neuentstehenden Sprossen zur Nahrung zu dienen. Der Wurzelkörper wird dabei oft sehr stark fleischig verdickt, so dass Knollen oder Rüben entstehen.

Ein bekanntes Beispiel für die Bildung von Wurzelknollen bietet die in den Gärten häufig gezogene Georgine, *Dahlia variabilis* dar, deren Wurzelsystem im Herbst eine grössere Anzahl von knollig verdickten Wurzeln besitzt (Fig. 29). Auch die Knollen der einheimischen Orchideen,

der Salep des Handels, sind Wurzeln, welche zu Reservestoffbehältern umgebildet wurden, und zwar entspricht jede Knolle einer grösseren Anzahl von miteinander zusammengewachsenen Wurzeln. Wenn nur die spindelförmig anschwellende Hauptwurzel eines Wurzelsystems zum Reservestoffbehälter wird, so entsteht eine Rübe. Meist nimmt dann auch der untere Theil des Sprosses noch mit an der Rubenbildung Theil. Beispiele dafür sind die als Gemüse bekannten Mohrrüben, Steckrüben u. a. m.



Figur 81.

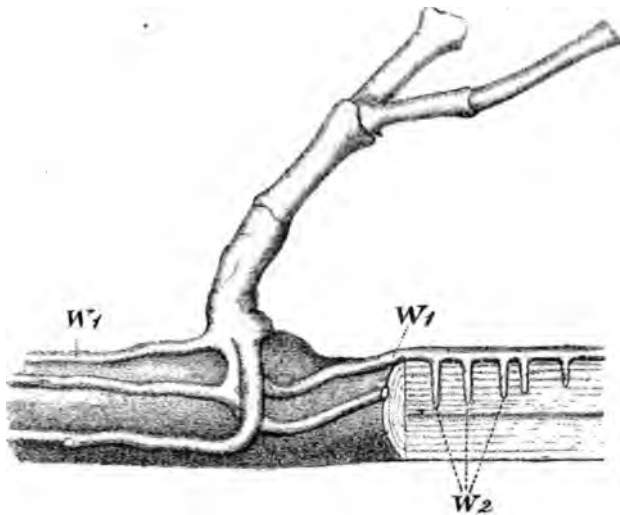
Taeniophyllum Zollingeri, eine Orchidee, deren bandartig verbreiterte Luftwurzeln als Assimilationsorgane dienen an Stelle der verkümmerten Laubblätter, J Bluthenspross (nach Goebel).

Athemwurzeln. — Einige Pflanzen, welche ihr Wurzelsystem in sauerstoffarmem Sumpfboden oder stagnirendem Wasser entwickeln, besitzen besonders ausgebildete Wurzeln, welche mit der atmosphärischen Luft in Verbindung treten und den tiefer im Wasser oder im Boden lebenden Sprosstheilen und Wurzeln die Athemluft zuführen. Derartige Athemwurzeln verhalten sich insofern von den normalen Wurzeln abweichend, als sie ihre Spitze nach aufwärts emporrichten und ein begrenztes Längenwachsthum besitzen. Die Athemwurzeln sind meist stark gedunsen und

erscheinen in Folge des lockeren Gewebeverbandes und der in ihnen enthaltenen Luft weiss gefärbt. Sehr charakteristisch sind die Athemwurzeln bei einigen Arten der Gattung *Jussiaea* ausgebildet (Fig. 30), indess kommen auch in andern Abtheilungen des Pflanzenreiches Beispiele vor.

Wurzeln als Assimilationsorgane. — Eine ganz eigenthümliche Funktionsänderung ist an den Luftwurzeln einiger epiphytischer Orchideen konstatiert worden. Bei *Taeniophyllum Zollingeri* z. B. ist der Spross sehr stark reduziert, vor allen Dingen fehlen die Laubblätter gänzlich, denen normaler Weise bei den Pflanzen die Assimilation, d. i. die Verarbeitung der anorganischen Pflanzennahrung zu organischen Verbindungen, zukommt. Diese Verrichtung ist auf die Luftwurzeln übergegangen, dieselben sind zu Assimilationsorganen geworden. Sie haben dementsprechend eine flachbandartige Gestalt und sind mit Chlorophyll, dem grünen Farbstoff der Laubblätter, versehen, an dessen Vorhandensein der Assimilationsvorgang gebunden ist (Fig. 31).

Wurzeldornen. Bei einigen Pflanzen, z. B. der Palme *Acanthorrhiza* und andern sind einzelne Wurzeln zu scharfen Dornen umgewandelt und gewähren dadurch den Pflanzen einigen Schutz gegen die Beschädigung durch grössere Thiere.



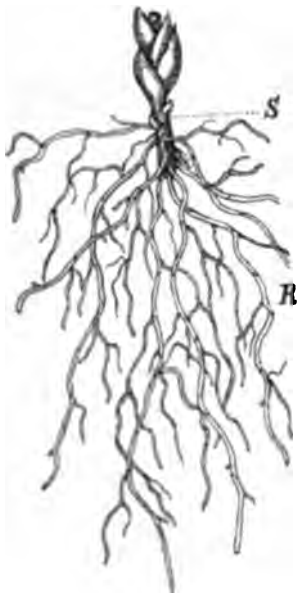
Figur 32.

Wurzelsystem von *Viscum album*, auf einem Kiefernast.

Die parallel zur Oberfläche des Astes verlaufenden Wurzeln W_1 sind durch Entfernung der Rinde freipräparirt. Am rechten Ende ist der Ast halbirt, so dass die radial eindringenden Saugorgane W_2 sichtbar sind.

Saugwurzeln der Schmarotzer. — Wir haben an dieser Stelle auch der umgebildeten Wurzeln der parasitisch lebenden Samenpflanzen zu gedenken. Manche Gewächse sind nicht im Stande, sich durch Verarbeitung anorganischer Nährstoffe selbstständig zu erhalten, sie sind darauf angewiesen, vorhandene organische Substanzen sich anzueignen und zum Aufbau ihres Vegetationskörpers zu verwenden. Einige derselben finden in den abgestorbenen, in Zerfall begriffenen Körpern von Thieren und Pflanzen die nöthige organische Nahrung, sie werden als Saprophyten bezeichnet, andere dagegen, die Schmarotzer oder Parasiten, entziehen zu ihrem Unterhalt andern lebenden Pflanzen organische Substanzen. Bei den parasitischen Samenpflanzen finden wir entsprechend

dieser eigenthümlichen Art der Nahrungsaufnahme auch die die Aufnahme vermittelnden Organe, die Wurzeln wesentlich verändert; sie bilden **Saugorgane, Haustorien**, welche ganz oder theilweise in das Gewebe der befallenen Pflanze eingesenkt werden. Zahlreiche Beispiele finden sich auch unter den einheimischen Gewächsen. Die Orobanchen, die Rhinanthusarten und manche ihrer Verwandten besitzen zu Anfang normal gebaute Wurzeln, welche sich im Boden ausbreiten; später bilden sich an den Wurzeln, wo dieselben mit den Wurzeln benachbarter Pflanzen in Berührung treten, warzenförmige Auswüchse, von welchen aus Buschel feiner, haarförmiger Fortsätze in das Gewebe der Nachbarpflanze ein-



Figur 33.

Unterer Theil eines Moos-
stämmchens S mit zahlreichen
Rhizoiden R^{14, 1}).

dringen, um die organischen Nährstoffe aufzusaugen. Die Mistel, *Viscum album*, eine ebenfalls einheimische Schmarotzerpflanze, wächst auf den Zweigen grösserer Bäume, ihr ganzes Wurzelsystem ist in dem Gewebe der Wirthspflanze verborgen. Dasselbe besteht der Hauptsache nach aus Seitenwurzeln, welche aus der sehr kurz bleibenden Hauptwurzel entspringen und sich im Innern des bewohnten Zweiges, parallel zur Oberfläche, ausbreiten. Von diesen Wurzeln aus dringen zapfenförmige Saugorgane, die sogenannten Senker, in radialer Richtung in das Gewebe des Zweiges der Wirthspflanze hinein (Fig. 32).

Reduzirte Wurzeln. — Eine mehr oder minder weitgehende Reduktion des Wurzelsystems findet sich bei den freischwimmenden Wasserpflanzen vor, bei denen die Bedeutung der Wurzel als Haftorgan fortfällt. Bei *Azolla*, einem freischwimmenden Wasserfarn, besitzen die Wurzeln ein begrenztes Längenwachsthum. Sobald die definitive Grösse erreicht ist, wird die Wurzelhaube abgeworfen und die Oberfläche der Wurzelspitze bedeckt sich mit Wurzelhaaren. Die Wurzeln einiger anderer Schwimmpflanzen, wie z. B. der einheimischen Wasserlinsen (*Lemna*), des Froschbiss (*Hydrocharis*) und anderer mehr, sind von Anfang an ohne eigentliche Wurzelhaube. Die Wurzelspitze ist bei ihnen von einer langen, haubenähnlichen, als Wurzeltasche bezeichneten Hülle umgeben, welche indes nicht aus dem Vegetationspunkt der Wurzelspitze hervorgegangen ist, sondern sich aus dem Gewebe der Abstammungsachse entwickelt hat, welches die Wurzeln bei ihrer Entstehung umgibt. Die meisten oberflächlich schwimmenden Pflanzen besitzen verhältnissmässig lange, ins Wasser hinabhängende Wurzeln, welche dem Pflanzenkörper einige Stabilität verleihen und verhindern, dass derselbe durch den Wind oder die Bewegung des Wassers umgeworfen wird.

Wurzellose Gefäßpflanzen. — Gänzlich wurzellose Formen sind unter den Samenpflanzen und Farnen verhältnissmässig selten. Wir treffen einige derselben unter den Saprophyten und unter den Bewohnern sehr feuchter Standorte an. Wie leicht ersichtlich, müssen die physiologischen Funktionen, welche normaler Weise der Wurzel zukommen, dann von andern Theilen der Pflanze verrichtet werden. Bei den saprophytischen Orchideen *Coralliorhiza innata* und *Epipogon Gmelini* zum Beispiel, welche zu der einheimischen Flora gehören, ist der untere, im humusreichen Waldboden steckende Theil des Sprosses, das Rhizom, reich verzweigt und vermittelt neben der Fixirung der Pflanze auch die Aufnahme des Wassers und der Nährstoffe. Manchen urwaldbewohnenden Farnen aus der Familie der Hymenophyllaceen und den in feuchten Moosrasen lebenden exotischen Utricularien fehlen die Wurzeln ebenfalls gänzlich. Die Pflanzen werden durch die im Substrat umherkriechenden Sprosse genügend befestigt und die Fähigkeit der gesamten Sprossoberfläche, Wasser und darin aufgelöste Nährstoffe aufzunehmen, ersetzt den Mangel besonderer Organe für die Nahrungsaufnahme. Die im Wasser lebenden Utricularien, zu denen auch die einheimischen Arten gehören, schwimmen untergetaucht in stehenden oder langsam fliessenden Gewässern, sie bedürfen daher einer Festheftung an den Boden nicht und sind auch nicht der Gefahr ausgesetzt durch den Wind oder die Oberflächenbewegung des Wassers beschädigt zu werden. Dasselbe gilt von den oberflächlich schwimmenden wurzellosen Wasserlinsen, *Wolffia arrhiza* und andern. Bei *Salvinia natans*, einem wurzellosen Wasserfarn, übernehmen gewisse Blätter die Funktionen der Wurzeln.

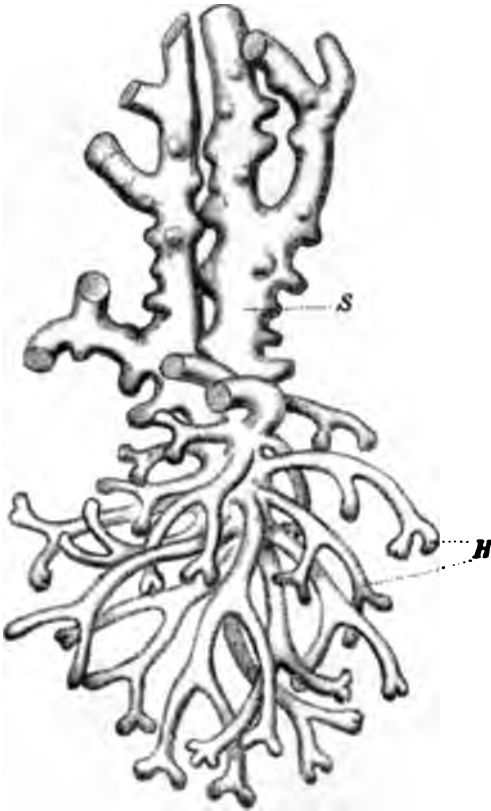
4. Die Wurzel der niedern Pflanzen.

Bei den gefässlosen Pflanzen, den Moosen, Algen und Pilzen, finden wir, soweit überhaupt eine Differenzirung des Vegetationskörpers in Spross und Wurzel vorhanden ist, eine weit einfachere Ausbildung des Wurzelsystems, welche zu der einfacheren Lebensweise dieser Organismen in Beziehung steht.

Haarwurzeln. — Die Bewurzelung der Moose wird von einfachen oder verzweigten haarfeinen Fäden gebildet. Dieselben entstehen oberflächlich, also exogen, an dem Moosstämmchen; eine Wurzelhaube und ein Besatz von Wurzelhaaren ist bei ihnen nicht vorhanden, sie werden nur durch die Wachstumsrichtung und durch die Funktion als Wurzelgebilde charakterisirt (Fig. 33). Gegenüber den typischen Wurzeln der Gefäßpflanzen werden die Wurzelfäden der Moose als **Rhizoiden** oder als **Haarwurzeln** bezeichnet. Auch bei einigen Algen finden sich ähnliche Bildungen vor. Die in Tümpeln und Wasserläufen wachsenden Characeen oder Armleuchteralgen besitzen feine, haarförmige Wurzelfäden, welche sich büschelig verzweigen und tief in den Schlamm eindringen. Auch die in Figur 1 abgebildete kleine Grünalge, *Botrydium granulatum*, bietet ein Beispiel der Rhizoidbildung bei Algen dar.

Die Haftorgane der Meeresalgen. — Die meisten Algen sind Wasserbewohner und nehmen mit der gesammten Körperoberfläche die Nährstoffe aus dem Wasser in sich auf. Bei ihnen haben deshalb die wurzelähnlichen Organe, wofern überhaupt dergleichen vorhanden sind,

nur die Bedeutung von Haft- und Klammerorganen. Sehr auffällig sind dieselben oft bei den grösseren Meeresalgen ausgebildet, welche an felsigen Gestaden wachsen, wo eben bei der starken Wasserbewegung eine sichere Befestigung an der Unterlage für die Pflanze von wesentlicher Bedeutung ist. Das flach-scheibenförmige oder verzweigte krallenförmige Haftorgan verwächst dann vollständig mit dem Felsen, so dass es nicht unverletzt von demselben losgelöst werden kann.



Figur 34.

// Haftorgan der Meeresalge *Macrocyctis*.
S unterer Theil des Sprosses.

Bei den Pilzen wächst gewöhnlich der ganze aus fadenförmigen Strängen gebildete Vegetationskörper, welcher als **Mycel** bezeichnet wird, in dem Substrat verborgen, nur die Fruchträger, welche die der Vermehrung dienenden Zellen erzeugen, treten sprossartig über demselben empor. Die morphologische Ausbildung und die Arbeittheilung in den Organen ist hier von dem Vorkommen bei den übrigen

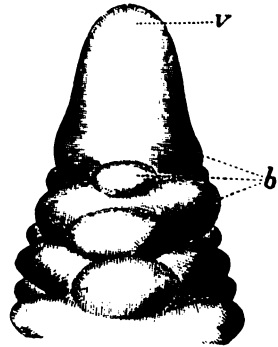
Gewächsen so wesentlich verschieden, dass eine Anwendung der morphologischen Begriffe Spross und Wurzel auf Fruchträger und Mycel nicht angebracht erscheint.

Drittes Kapitel. Der vegetative Spross.

Wir gehen bei der Besprechung des Sprosses zunächst wieder von den höchstentwickelten Pflanzenformen, den Gefäßpflanzen aus. An denselben sind zwei ihrer Form und Funktion nach verschiedene Sprossarten zu unterscheiden: der vegetative Spross und der reproduktive Spross. Der erstere bildet den Haupttheil des Pflanzenkörpers während der ganzen Lebenszeit. Der Letztere tritt erst nach Abschluss einer bestimmten Vegetationsperiode, oft erst gegen das Ende der Lebenszeit, auf, um die Bildung von Geschlechtsorganen und damit die Reproduktion der Pflanzenart zu vermitteln. Ihrem innern Wesen nach sind die beiden Sprossarten von einander nicht verschieden, vielmehr ist der reproduktive Spross als eine zu bestimmten Zwecken dienende Modifikation des vegetativen Sprosses anzusehen. Da indes die äusseren Verschiedenheiten zwischen den Beiden meist sehr beträchtliche und scharf ausgesprochene sind, so ist es vortheilhaft, zunächst nur den vegetativen Spross und später in einem besonderen Abschnitt den reproduktiven Spross zu besprechen.

1. Die Achse der Laubsprosse.

Bau der Achse. — Als wesentliche Theile des Sprosses haben wir die Sprossachse und die Blätter zu unterscheiden. Die Sprossachsen sind in der Regel radiär gebaut, meist sind es cylindrische oder prismatische Gebilde, welche nach dem Gipfel zu kegelförmig verjüngt sind und mit dem Vegetationspunkt abschliessen. Durch den letzteren wird der Längenzuwachs der Sprossachse und die Anlage der seitlichen Organe, der Seitensprosse und der Blätter vermittelt. In der Jugend ist die Sprossachse meist grünlich gefärbt und krautartig weich. Bei manchen Pflanzen bleibt die krautartige Beschaffenheit der Achse während der ganzen Vegetationsdauer erhalten; man bezeichnet solche Pflanzen als Kräuter, die krautige Achse als Krautstamm. Bei vielen langlebigen Gewächsen, den Bäumen und Sträuchern, wird dagegen die Sprossachse verholzt und erlangt dadurch grössere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse, sie wird als Stamm bezeichnet.



Figur 35.

Sprossgipfel von *Elodea canadensis* (¹⁴⁰/₁). *v* Vegetationspunkt, *b* Blattanlagen.

Am Gipfel des Sprosses stehen die Anlagen der seitlichen Organe dicht gedrängt, indem aber die zwischen denselben liegenden Sprosstheile eine nachträgliche Streckung erfahren, werden die Insertionen auseinander gerückt, so dass der Spross in blättertragende Knoten und

in Internodien mit freier Oberfläche gegliedert ist. Die Ausbildung der Internodien ist bei den Pflanzenarten ausserordentlich verschieden. Neben Pflanzen, welche auf hohen, schlanken Stengeln mit langen Internodien ihre Blätter über die Umgebung emporheben und der Belichtung darbieten, finden sich andere, meist Bewohner sonniger Standorte, welche gar keine Internodien besitzen, so dass die dicht gedrängten Blätter auf dem Boden eine flach ausgebreitete Rosette bilden; und zwischen diesen beiden Extremen sind alle Uebergänge in sanfter Abstufung vorhanden.



Figur 36.

Larix europaea. Stück eines Langtriebes *L*—*L* mit fünf reichbeblätterten Kurztrieben *K*.

An einigen Gewächsen kommen Sprosse mit deutlichen Internodien, Langtriebe, und solche mit gestauchter Achse, Kurztriebe, nebeneinander vor. Bei der Lärche sitzen z. B. an den langen, ruthenförmigen Zweigen die grünen nadelförmigen Blätter in Büscheln vereinigt. Jedes Büschel stellt einen reichbeblätterten Kurztrieb dar, dessen Internodien unentwickelt bleiben (Fig. 36). Auch die Nadelbüschel der Kiefern sind derartige Kurztriebe.

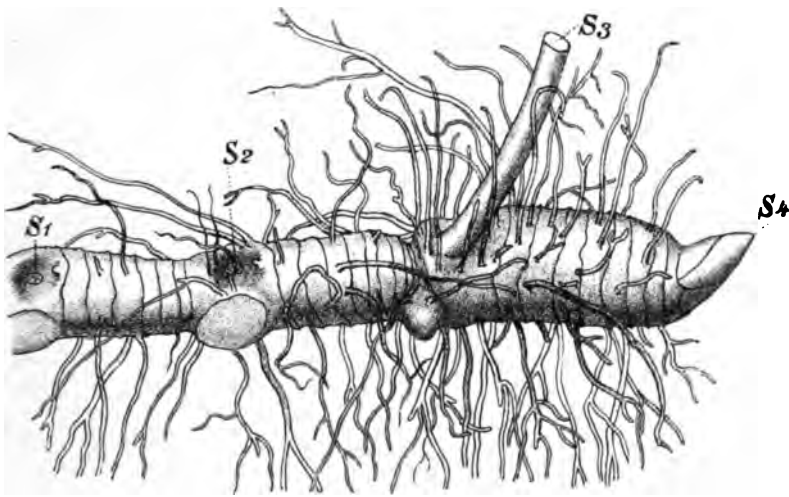
Sprosssysteme. — Es gibt nur wenige Pflanzen, deren Hauptspross ohne seitliche Achsen auszubilden seine Entwicklung mit einer endständigen Blüthe abschliesst. Man bezeichnet dieselben als einachsige Pflanzen. Meist tritt eine reichliche Verzweigung ein, die Pflanzen werden zwei-, drei- oder mehrachsig, je nachdem die Achsen zweiter, dritter oder höherer Ordnung den Abschluss bilden.

Die Anlagen der Seitensprosse stehen in den Achseln der Blätter und sind also ziemlich gleichmässig über die Oberfläche der Hauptachse vertheilt. Indem aber die einzelnen Anlagen sich verschieden verhalten, entstehen bei den mehrachsigen Pflanzen verschiedene Wuchsformen. Bei den Holzgewächsen unterscheidet man Bäume, Sträucher und Halbsträucher. Die **Bäume** werfen die unteren Seitenzweige ab und bilden

nur am obern Theil des Stammes starke Aeste aus, welche sich wiederholt verzweigen. Bei den **Sträuchern** ist der Hauptspross dicht über der Wurzel verzweigt und die einzelnen Aeste entwickeln sich ähnlich wie die Hauptachse. Die Achsen der **Halbsträucher** sind nur zum Theil verholzt, die jüngsten Seitensprosse bleiben krautartig und werden, nachdem sie Blüthen und Früchte getragen haben, abgeworfen, während an den älteren Sprossen neue Seitentriebe entstehen. Ähnliches Verhalten zeigen die zu den krautartigen Gewächsen gehörigen **Stauden**. Auch bei ihnen

besitzen die Sprosstheile verschiedenes Lebensalter. Während die oberirdischen Sprosstheile nach der Fruchtbildung absterben, bleibt der im Boden verborgene Sprossabschnitt erhalten. Aus ihm gehen alljährlich Erneuerungssprosse hervor, welche Laubblätter und Blüten erzeugen. Die unterirdischen ausdauernden Sprosstheile werden als **Rhizome** bezeichnet (Fig. 37). Von den Wurzeln sind dieselben dadurch zu unterscheiden, dass an ihnen Blattnarben oder Schuppenblätter und regelmässig angeordnete Knospen vorhanden sind.

Wachstumsrichtung. — Wir haben früher gesehen, dass bei der Keimung das die Sprossanlage darstellende Polende der Pflanze sich unter dem Einfluss der Schwerkraft senkrecht aufwärts wendet. Bei sehr vielen Pflanzen, den Bäumen, vielen Sträuchern und Kräutern behält der



Figur 37.

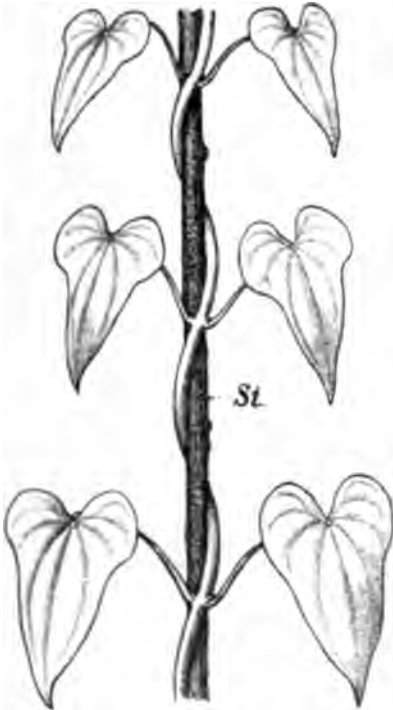
Rhizom von *Convallaria multiflora*.

S_1 S_2 die Narben der in den beiden vorhergehenden Jahren entwickelten Laubspresse.
 S_3 der diesjährige Trieb. S_4 die Anlage des nächstjährigen Triebes.

Hauptspross diese Wachstumsrichtung während seiner ganzen Entwicklung bei, die Seitensprosse dagegen wenden sich horizontal seitwärts oder unter einem mehr oder minder spitzen Winkel schräg aufwärts. So entstehen ausgedehnte Sprosssysteme, an denen viele Blattflächen Platz finden, ohne sich gegenseitig den Lichtgenuss zu beeinträchtigen. Manche Pflanzen, deren Hauptachse nicht die nöthige innere Festigkeit besitzt, um das ganze Sprosssystem aufrecht zu tragen, gewinnen die aufrechte Stellung dadurch, dass sie an festen Stützen Halt suchen. Die Sprossachse legt sich spiralförmig eng um die Stütze herum und gelangt so allmählich nach oben (Fig. 38). Man bezeichnet die Pflanzen mit windendem Stengel als Schlingpflanzen; die Stangenbohnen in unseren Gemüsegärten, der Hopfen und das deutsche Geissblatt sind bekannte Beispiele.

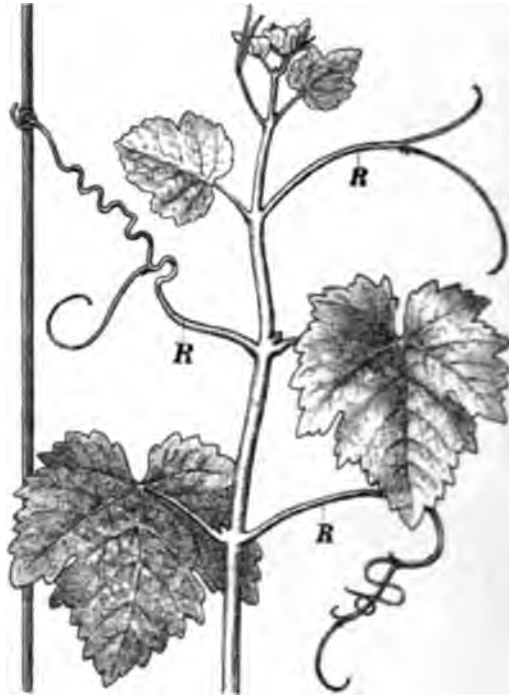
Die **Lianen** der tropischen Urwälder sind verschiedenen Verwandtschaftskreisen angehörende Schlingpflanzen, deren holzige Stämme oft eine bedeutende Dicke erreichen. Sie klettern bis in die höchsten Gipfel der Waldbäume empor und machen, indem sie sich vielfach umeinander schlingen und von Baum zu Baum hinüberziehen, den Urwald zu einem schwer durchdringlichen Dickicht.

Aehnlich wie die Schlingpflanzen, verhalten sich die Kletterpflanzen, bei denen eigene Haftorgane vorhanden sind, mit denen der aufrecht-



Figur 38.

Stück des windenden Sprosses von *Dioscorea Batatas* (1. a).



Figur 39.

Gipfel eines Weinstocks mit Sprossranken *R.*
Die eine derselben hat eine Stütze ergriffen (1. a).

wachsende dünne Spross sich an der Stütze befestigt. Hierher gehört das früher schon erwähnte Beispiel des Epheu, bei dem gewisse Wurzeln als Haftorgane dienen; in anderen Fällen werden Seitensprosse oder Blätter zu Haftorganen ausgebildet, wie weiter unten zu erwähnen sein wird.

Manchen Pflanzen fehlt die Fähigkeit, ihr Sprosssystem dauernd aufrecht zu stellen, vollständig; die Sprosse kriechen am Boden hin oder hängen wohl gar von dem erhöhten Standort der Pflanze herab. Bei den Stauden ist das Rhizom häufig horizontal oder schräg aufwärts gerichtet, die Sprosse aber, welche die Blätter tragen, sind senkrecht gestellt.

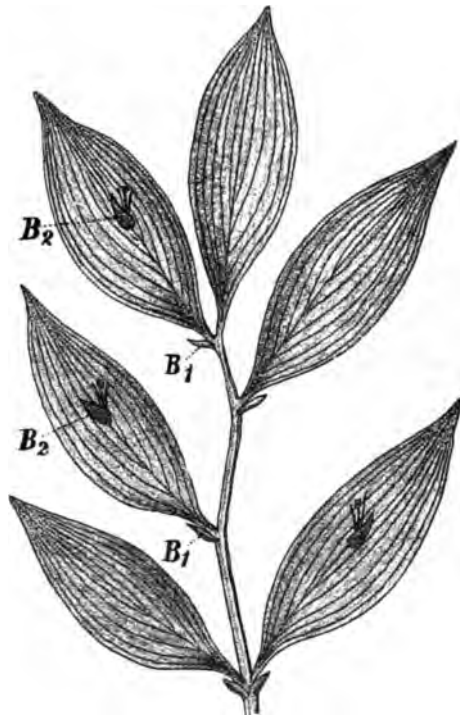
2. Metamorphosirte Sprosse.

Eine der wichtigsten Funktionen der Sprossachse besteht darin, die Blätter in eine günstige Lage zum Licht zu bringen und Stoffe von der Wurzel zu den Blättern und in umgekehrter Richtung zu leiten. Wir finden die Sprosse der unter den verschiedensten äusseren Umständen lebenden Gewächse in Bau, Wuchsform und Wachstumsrichtung der Sprossachse diesen Aufgaben angepasst. Nicht selten aber finden sich Sprossachsen, die andere Leistungen zu verrichten haben und welche in Beziehung zu der veränderten Funktion eine wesentliche Modifizierung ihrer morphologischen Ausbildung aufweisen. Wir müssen dieselben als metamorphosirte Sprosse bezeichnen; die wichtigsten und am häufigsten vorkommenden Arten sollen in Folgendem kurz geschildert werden.

Sprossranken und Kletterhaken. — Es ist oben bei der Erwähnung der Kletterpflanzen kurz angedeutet worden, dass an manchen dieser Gewächse einzelne Sprosse als Kletterorgane dienen.

Die zu Haftorganen gewordenen Seitensprosse weisen meist eine mehr oder minder weitgehende Abweichung von der morphologischen Ausbildung der übrigen Sprosse auf. Sie tragen keine Laubblätter und sind entweder Ranken, d. h. lange, fadenförmige Gebilde von krautartiger Beschaffenheit, welche sich in Folge der Reizbarkeit um die Stütze herum schlingen, oder sie stellen kurze, scharf um die Stütze gekrümmte holzharte Haken dar. Zu Ranken umgebildete Sprosse finden wir z. B. am Weinstock (Fig. 39) und am wilden Wein. Die Haken sind nur von einigen tropischen Gewächsen bekannt, welche als **Hakenklimmer** bezeichnet werden.

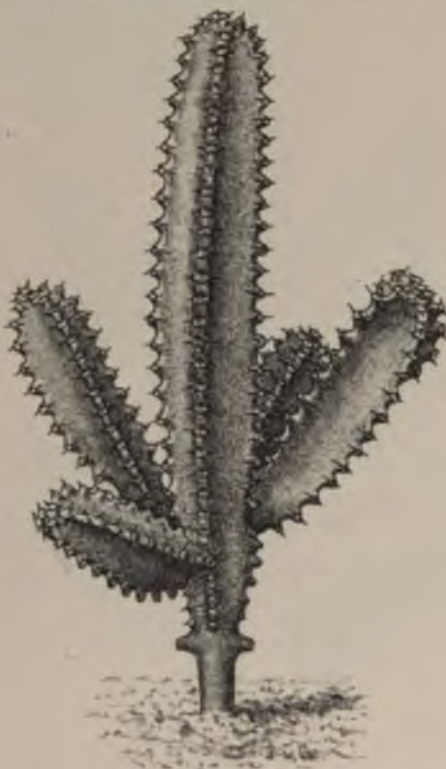
Phyllocladien. — Bei manchen grünen Pflanzen sind die Laubblätter verkümmert, dieselben stellen kleine Schüppchen dar, welche nicht im Stande sind durch Assimilation die Baustoffe für den Pflanzenkörper zu bereiten. Diese Arbeit wird vielmehr von besonders ausgebildeten Sprossachsen geleistet. So finden wir z. B. an den monopodial verzweigten



Figur 40.

Zweig von *Ruscus Hypoglossum* ($\frac{3}{4}$), an welchem in der Achsel schuppenförmiger Blätter B_1 Flachsprosse, Phyllocladien, entspringen. Einige derselben tragen in der Mitte ein kleines Blatt B_2 , in dessen Achsel ein Blütenstand steht.

oberirdischen Sprossen der Spargelpflanze nur schuppenförmige Blätter. In den Achseln derselben entspringen ganze Büschel von Seitensprossen, welche nach der Entwicklung des ersten Internodiums ihr Wachstum abschliessen und niemals Blätter hervorbringen. Diese Sprosse sind rundlich nadelförmig gestaltet und reichlich mit Chlorophyll ausgestattet, so dass in ihnen eine ausgiebige Assimilation stattfinden kann. Bei den mit dem Spargel verwandten Ruscusarten sind die zu Assimilationsorganen umgewandelten Seitensprosse blattartig verbreitert (Fig. 40).



Figur 41.
Junges Exemplar von *Euphorbia canariensis* ($\frac{1}{2}$).



Figur 42.
Alpenveilchen, *Cyclamen europaeum* ($\frac{1}{2}$).
Der untere Theil des Sprosses bildet eine Knolle A, in welcher Reservestoffe aufgehäuft sind.

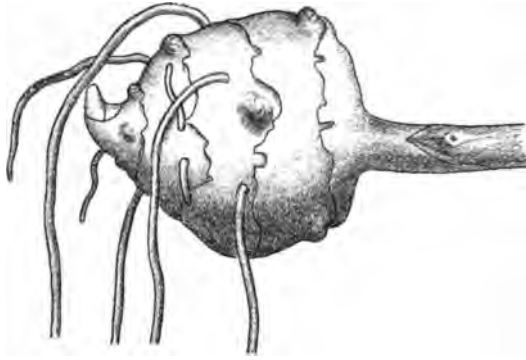
Man nennt dieselben Flachsprosse oder Phyllocladien. Auch sie besitzen ein begrenztes Wachstum, indess werden zwei Internodien ausgebildet. An dem etwa in die Mitte des blattähnlichen Zweiges fallenden Knoten entwickelt sich gewöhnlich ein kleines Blatt, in dessen Achsel ein Blüthenspross entspringt, wodurch die Sprossnatur des blattähnlichen Gebildes ohne weiteres deutlich wird.

Wasserspeicher. — Flachsprosse finden wir auch bei manchen zur Familie der Cacteen gehörigen Pflanzen. Es sind dort meist nicht

besondere Seitensprosse höherer Ordnung, welche zu Phylodadien umgebildet sind, sondern alle Achsen, auch der Hauptspross, sind blattartig oder scheibenförmig verbreitert und vertreten die fehlenden Laubblätter. Die Flachsprosse stellen indess hier nicht wie bei *Ruscus* dünne Gewebeplatten dar, sondern sie sind dickfleischig und bilden mit dem saftreichen Gewebe in ihrem Innern für die an sehr trockenen Standorten lebenden Pflanzen zugleich Wasserreservoir, aus denen das assimilirende Gewebe zu Zeiten der Dürre die nöthige Feuchtigkeit beziehen kann. Auch bei den nicht mit Flachsprossen versehenen Cacteen, ferner bei manchen Arten der Euphorbiaceen (Fig. 41) und einigen anderen Gewächsen, die sehr trockene Standorte bewohnen, oder denen aus andern Gründen die Wasseraufnahme erschwert ist, sind die Sprossachsen zu fleischig saftigen Wasserspeichern ausgebildet. Man fasst alle derartigen Gewächse als **Stammsucculenten** zu einer biologischen Gruppe zusammen.

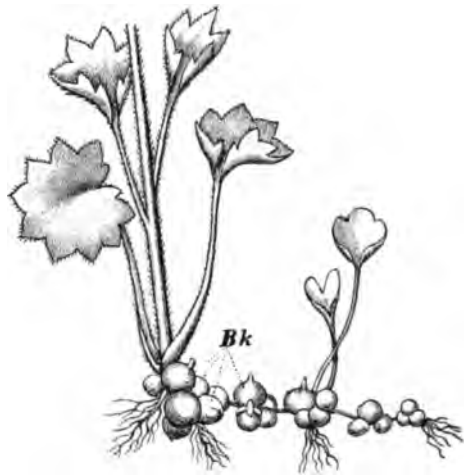
Reservestoffbehälter. — Die Umwandlung von Sprossen zu Reservestoffbehältern kann in verschiedener Weise vor sich gehen. Bei manchen Pflanzen sind es angeschwollene Sprossabschnitte, in denen die Reservestoffe deponirt werden. So stellt z. B. die scheibenförmige Knolle des Alpenveilchens das stark geschwollene untere Ende des Sprosses dar (Fig. 42). Die Knolle der Herbstzeitlose ist ein angeschwollenes Internodium des vorjährigen Sprosses, an welchem sich die Achselknospe des darunterliegenden Knotens zum neuen Spross entwickelt hat. Bei anderen Pflanzen bilden ganze knollenförmig angeschwollene Seitensprosse die Reservestoffbehälter.

Dahin gehören die Knollen des Topinambur (Fig. 43A) und der Kartoffel als allbekannte Beispiele. Von den ebenfalls als Reservestoffbehältern dienenden Wurzelknollen, wie wir sie im vorigen Kapitel bei *Dahlia*



Figur 43 A.

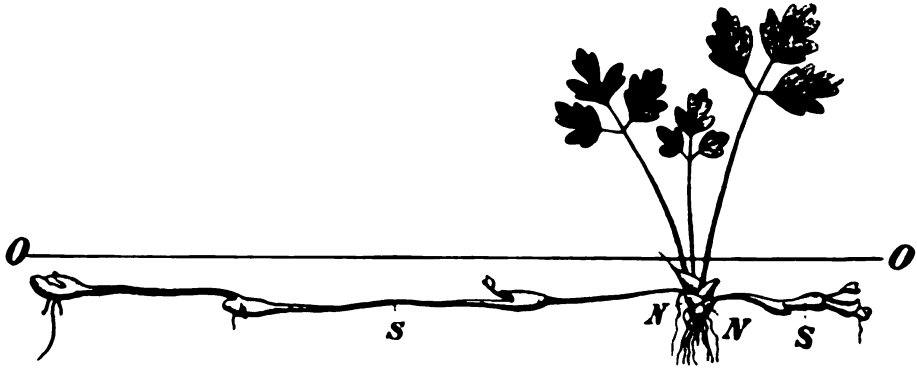
Knolle vom Topinambur, *Helianthus tuberosus*.



Figur 43 B.

Saxifraga granulata. Unterer Theil der Pflanze. Auf dem unterirdischen Zweige sind zahlreiche Brutknospen *Bk* vorhanden.

kennen gelernt haben, unterscheiden sich diese aus Sprossen hervorgegangenen Knollen durch den Besitz von Sprossanlagen, Augen, die als Achselknospen der sehr reducirten oder gänzlich unterdrückten Blätter des umgebildeten Sprosses anzusehen sind.

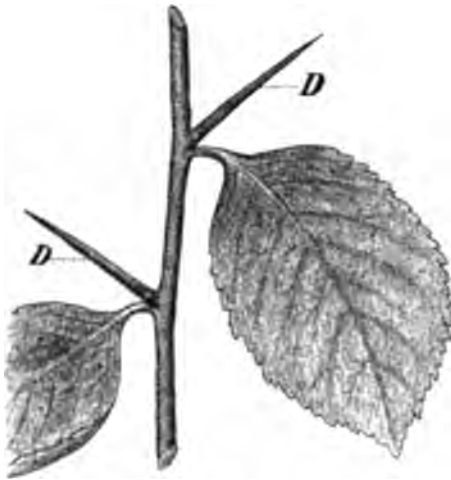


Figur 44.

Adoxa Moschatellina mit unterirdischen Ausläufern *S*, welche in der Achsel von Niederblättern *N* entspringen ($\frac{1}{2}$). *O—O* die Bodenoberfläche.

Brutknospen. — In der Achsel einzelner Blätter treffen wir bei einigen Pflanzen kleine Knöllchen an, welche ebenfalls umgebildete Sprosse sind.

Dieselben sind mit Reservestoffen erfüllt, besitzen aber neben der Speicherung dieser Stoffe noch eine weitere Funktion. Indem die Knöllchen sich von der Mutterpflanze lösen und sich zu einer neuen Pflanze entwickeln, tragen dieselben zur Erhaltung und Verbreitung der Art bei. Derartige Knöllchen, welche als Brutknospen bezeichnet werden, finden sich z. B. an den unterirdischen Zweigen von *Saxifraga granulata* (Fig. 43 B).



Figur 45.

Sprossstück von *Crataegus prunifolia*. Die Achselknospen der Blätter sind zu Dornen *D* ausgewachsen.

Ausläufer. — Demselben Zweck, durch Vermehrung der Individuenzahl die Art zu verbreiten, dient eine andere Art umgebildeter Sprosse, die Ausläufer oder Stolonen. Dieselben sind meist fadenförmige Gebilde mit sehr verlängerten Internodien und kriechen am Boden oder unter

der Oberfläche desselben hin (Fig. 44). An den Knoten entwickeln sich die Achselknospen zu neuen Pflanzen, welche durch Adventivwurzeln am Boden befestigt werden. Indem später die Internodien der Ausläufer ver-

gehen, werden die neuen Pflanzen von der Verbindung untereinander und mit der Mutterpflanze gelöst. Die Ausläufer, die sich an den Gartenerdbeeren meist in grosser Zahl entwickeln, sind ein bekanntes Beispiel für diese Sprossform.

Dornen. — Endlich muss noch der Umbildung der Sprossachse zu Dornen gedacht werden, welche den Pflanzen in erster Linie einen Schutz gegen das Gefressenwerden durch grössere Thiere gewähren. Gewöhnlich sind es, wie beim Schlehdorn und Weissdorn, kurze Seitensprosse und die Spitzen beblätterter Zweige, welche vorne kegelförmig scharf zugespitzt und holzig verhärtet sind (Fig. 45). Sehr weit geht die Dornbildung bei *Colletia cruciata*, einem amerikanischen Strauch aus der Familie der Rhamnaceen, welcher sehr trockene, sonnige Standorte bewohnt. Alle Sprossachsen sind blattlos und dornförmig gestaltet. Die etwas abgeflachten Dornen sind mit grünem, assimilirendem Gewebe bedeckt und vermitteln neben dem mechanischen Schutz der Pflanze auch die Funktion der mangelnden Blätter.

3. Die Laubblätter.

Entwicklung des Blattes. — Die Blätter sind seitliche Organe der Sprossachsen; sie besitzen ein begrenztes Wachstum und haben im ausgewachsenen Zustande eine bestimmte Gestalt. Sie werden am Vegetationspunkt des Sprosses als rundliche Höcker, Primordialblätter, angelegt. Ihre Entwicklungsgeschichte weicht von derjenigen der Sprossachsen und der Wurzeln wesentlich dadurch ab, dass ein scheitelständiger Vegetationspunkt, welcher befähigt ist, seitliche Organe höherer Ordnung zu erzeugen, bei ihnen nicht vorhanden ist. Das Wachstum der Blätter erfolgt bei den Samenpflanzen meist **intercalar**, d. h. die das Wachstum vermittelnde Gewebepartie liegt nicht an der Spitze, sondern weiter rückwärts; die Spitze des Blattes ist schon ausgewachsen und in den Dauerzustand übergegangen, wenn weiter rückwärts gelegene Theile des Blattes noch im Wachstum begriffen sind.

An dem in Figur 46 dargestellten Sprossgipfel von *Ranunculus repens* stehen drei Blattanlagen. Schon an der zweitjüngsten Anlage b_2 ist die Theilung des Blattes in zwei Abschnitte, Blattgrund und Oberblatt, zu erkennen. Wie an dem dritten Blatt b_3 zu sehen ist, wächst der Blattgrund schnell heran und bildet eine schützende Hülle um die jüngeren Anlagen. Auch das Oberblatt entwickelt sich schnell und zwar in der Weise, dass die Spitze zuerst in den Dauerzustand übergeht. Erst verhältnissmässig spät beginnt die Streckung der Gewebzone zwischen Blattgrund und Oberblatt, welche zur Ausbildung des Blattstiels führt.

Bei den Farnpflanzen besitzen die Blätter meistens ein Spitzen-



Figur 46.

Sprossgipfel von *Ranunculus repens* (²²/1). v der durchschimmernde Vegetationspunkt. b_1 b_2 b_3 Blattanlagen. ax_3 die Achselknospe des dritten Blattes.

wachsthum, so dass also die weiter rückwärts gelegenen Blatttheile die ältesten sind und zuerst in den Dauerzustand übergehen.

Alle Primordialblätter sind, wie durch das Experiment direkt nachgewiesen werden kann, befähigt, zu grünen Laubblättern sich zu entwickeln. Indem aber innere und äussere Ursachen die Anlagen während ihrer Entwicklung verschieden beeinflussen, gehen aus einigen derselben Gebilde hervor, welche oft nur entfernte oder gar keine Aehnlichkeit mit den Laubblättern besitzen, und welche also als umgewandelte oder metamorphosirte Blätter zu bezeichnen sind.

Theile des Blattes. — Die Form des ausgewachsenen Laubblattes ist bei der einzelnen Pflanzenart innerhalb enger Grenzen konstant, bei den verschiedenen Pflanzenarten aber findet sich oft schon innerhalb eines engen Verwandtschaftskreises hinsichtlich der Blattgestalt die grösste Mannigfaltigkeit. An dem hochentwickelten Blatt mancher Samenpflanzen lassen sich drei Haupttheile leicht unterscheiden. Der auffälligste derselben ist der obere flache Theil, die **Blattspreite**, deren Umriss verschiedenartig geformt sein kann; sie entspricht dem Oberblatt der jungen Anlage. Die Oberseite der Spreite besitzt meistens eine andere Struktur als die Unterseite; die Spreite ist also dorsiventral gebaut. Mit der Sprossachse ist die Blattspreite durch den **Blattstiel** verbunden, welcher an seinem unteren Ende in einen scheidenförmigen Theil, die **Blattscheide** übergeht. Ein Blattstiel ist nicht in allen Fällen vorhanden. Man bezeichnet dann die Laubblätter gegenüber den gestielten als sitzende. Auch die Blattscheide fehlt manchen Laubblättern.



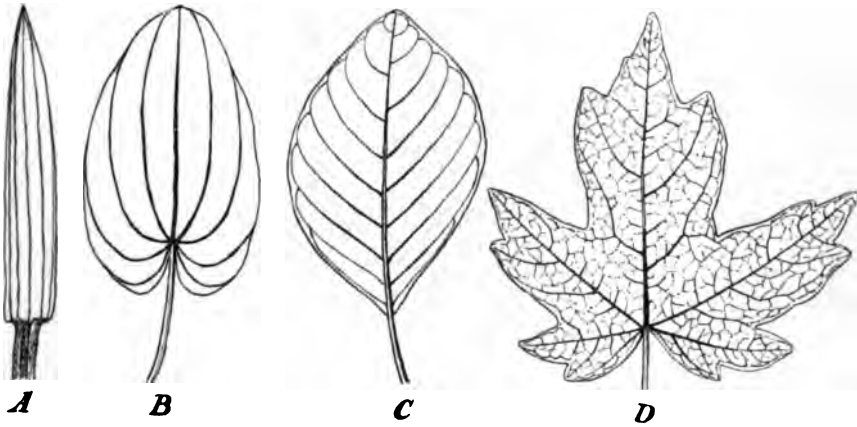
Figur 47.

Blatt von *Richardia aethiopica* (10).
L. Blattspreite. P. Blattstiel. V. Blattscheide.

Nervatur. — Die wichtigste physiologische Funktion des Blattes, die Assimilation der anorganischen Nährstoffe, welche unter der Einwirkung des Lichtes vor sich geht, wird vorwiegend durch die in Folge des Chlorophyllgehaltes grün gefärbte Blattspreite verrichtet. Die flächenförmige Ausbreitung der Spreite hat daher für die Pflanze insofern eine Bedeutung,

als auf diese Weise bei möglichst geringem Materialaufwand eine möglichst grosse Oberfläche dem Lichte dargeboten wird. Die Blattspreite stellt in vielen Fällen eine dünne Gewebeplatte dar, welche von festeren Strängen, den Blattnerven durchzogen wird. Die Blattnerven halten die zarte Platte flach ausgespannt und geben derselben einige Festigkeit gegen die Einwirkung des Regens und des Windes. Ausserdem stellen dieselben die Leitbahnen dar, in welchen die von der Wurzel aufgenommenen Substanzen, Wasser und darin gelöste anorganische Materie vom Stamm aus zu dem assimilirenden Blattgewebe wandern, und durch welche die von den grünen Blattzellen erzeugten organischen Stoffe dem Stamme zugeführt werden. Entsprechend ihren mehrseitigen Leistung finden wir die Nerven in der Fläche der Blattspreiten vertheilt. Der Verlauf der Nerven in der Blattfläche nimmt stets seinen Ausgang von der Basis der

Spreite, d. h. bei sitzenden Blättern von der Insertion, bei gestielten von der Einmündungsstelle des Stiels in die Spreite. Nach der Art der Ausbreitung der Nervatur in der Spreite können zwei Typen des Blattbaues unterschieden werden; erstens die parallel- und bogennervigen Blätter, und zweitens die netznervigen Blätter. Bei den zum ersten Typus gehörigen Blättern entspringen mehrere annähernd gleichstarke, unverzweigte Nerven an der Basis der Spreite, verlaufen parallel oder im Bogen neben einander hin, um gegen die Spitze hin zu konvergieren. Meist stellen zarte Quernerven eine seitliche Verbindung zwischen den einzelnen Hauptnerven her. Dieser Typus des Blattbaues ist besonders in der Abtheilung der monocotylen Samenpflanzen vertreten (Fig. 48 **A** u. **B**). Die netznervigen Blätter, denen wir besonders bei den Dicotyledonen und bei den Farnen begegnen, besitzen meist eine reichverzweigte Nervatur, deren einzelne



Figur 48.

A parallelnerviges Blatt von *Anthoxanthum odoratum*. **B** bogennerviges Blatt von *Alisma parnassifolium*. **C** fiedernerviges Blatt von *Rhamnus Frangula*. **D** handnerviges Blatt von *Acer campestre*.

Aeste durch zahlreiche Querverbindungen unter einander in Zusammenhang stehen, so dass ein Maschenwerk von Blattnerven vorhanden ist, dessen Lücken durch das Blattgewebe ausgefüllt wird. Man bezeichnet die netznervigen Blätter als fiedernervig, wenn ein Hauptnerv vorhanden ist, der die Blattspreite von der Basis bis zur Spitze durchzieht, und an welchem rechts und links in Abständen die Sekundärnerven entspringen (Fig. 48 **C**). Ist dagegen eine grössere Anzahl annähernd gleichstarker Hauptnerven vorhanden, welche von der Basis der Spreite aus nach verschiedenen Seiten hin durch die Fläche ausstrahlen, so wird das Blatt als handnervig bezeichnet (Fig. 48 **D**).

Zum Schutz der Blattfläche gegen das Zerrissenwerden durch Wind oder Regen finden wir die Nervatur in der Nähe des Blattrandes meistens besonders stark ausgebildet, sei es, dass die von den Hauptnerven zum Rande hin auslaufenden Sekundärnerven vor dem Rande

umbiegen und bogenförmig zum nächst oberen Sekundärnerven hinüberziehen, oder sei es, dass zwischen den direkt zum Blattrande laufenden Sekundärnerven starke Querverbindungen parallel zum Blattrande vorhanden sind. Welche Bedeutung die Ausbildung der Randnerven für die Intakterhaltung der Blattfläche besitzt, beweist das Beispiel der oft mehrere Meter langen Blätter der Bananen (*Musa*), denen die Randnerven fehlen. In windgeschützten Räumen, z. B. in unseren Treibhäusern bleiben die Riesenblätter ganz; im Freien aber wird ihre Fläche durch den Wind sehr bald bis zum Mittelnerven hin in schmale Zipfel zerschlitzt (Fig. 49). Die Musablätter werden indess durch die Zerreissung in einzelne Zipfel nur wenig in ihrer Funktion gestört; wäre die Zerreissung durch feste Randnerven verhindert, so würde sicher der Wind, dem die grossen Blätter eine wirksame Angriffsfläche darbieten, die ganzen Blätter, wenn nicht zugleich den Stamm umbrechen und die Existenz der Pflanze an Orten, welche dem Winde ausgesetzt sind, unmöglich machen.

Gestalt der Blattfläche. — Die Grösse der Blattfläche steht zu den äusseren Lebensbedingungen der Pflanze in inniger Beziehung. Grosse Blattflächen bieten für die Pflanze den Vortheil, dass viel Licht



Figur 49.

Blatt von *Musa ornata* ($\frac{1}{15}$), dessen Fläche durch den Wind in schmale Zipfel zerrissen ist

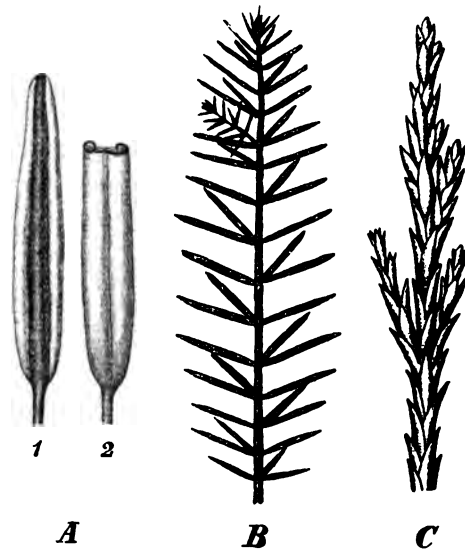
aufgefangen wird und also eine ausgiebige Assimilation erfolgen kann. Je grösser aber die Blätter sind, desto mehr Angriffspunkte bieten sie für Wind und Regen dar, es müsste also, wenn die Blattfläche eine bestimmte Grösse überschreitet, die Blattnervatur so kräftig ausgebildet werden, dass durch den dazu erforderlichen Materialaufwand der durch die Vergrösserung der assimilirenden Fläche erreichte Vortheil aufgehoben würde.

Eine Einrichtung, die Wirksamkeit des Windes und der Niederschläge auf grosse Blattflächen abzuschwächen, haben wir bei den Bananenblättern in der Zerschlitzbarkeit der Blattfläche kennen gelernt. In ähnlicher Weise werden bei den Palmen, welche im Jugendzustande zusammenhängende, regelmässig gefaltete Blattflächen besitzen, die Blätter nachträglich in regelmässige Zipfel zertheilt. Bei anderen Pflanzen wird dasselbe Resultat erreicht, indem die Blattfläche sich verzweigt. Sie besteht dann im erwachsenen Zustande aus einzelnen Abschnitten, welche durch mehr oder minder tiefe Einschnitte von einander getrennt sind, oder es ist statt einer einzigen grösseren Blattfläche eine Anzahl kleinerer Flächen an demselben Blattstiel ausgebildet. Die Blätter letzterer Art werden als zusammengesetzte oder verzweigte Blätter bezeichnet.

Ein weiterer Umstand, der zur Blattgrösse in enger Beziehung steht, ist es, dass die Menge des von der Pflanze durch Verdunstung abgegebenen Wassers um so grösser wird, je grösser die Oberfläche der Pflanze ist. Grosse Blattflächen können also nur bei Pflanzen sich finden, denen eine ausgiebige Wasserzufuhr gesichert ist. Wo die Wasserversorgung eine spärliche ist, können nur Pflanzen mit kleinen Blättern existiren, an denen häufig noch besondere Einrichtungen zur Herabsetzung der Verdunstung sich finden. Eine derartige Einrichtung ist die Ausbildung von **Rollblättern** (Fig. 50 A); die kleine Blattfläche ist nicht flach ausgebreitet, sondern die Ränder sind eingerollt und umschliessen an der Unterseite des Blattes eine schmale Rinne, in welcher die Spaltöffnungen des Blattes, die Austrittsöffnungen für den Wasserdampf, liegen. Die schmale Rinne stellt einen »windstillen Raum« dar, von welchem aus eine Abgabe des Wasserdampfes an die Atmosphäre nur langsam erfolgen kann.

Bei den **nadelförmigen Blättern** oder Nadeln vieler Coniferen ist die verdunstende Oberfläche dadurch verringert, dass überhaupt keine flächenförmige Ausbreitung der Blattspreite vorhanden ist (Fig. 50 B). Die **schuppenförmigen Blätter**, die ebenfalls in der Gruppe der Coniferen aber auch in anderen Pflanzenfamilien sich finden, sind der Stammoberfläche dicht angeschmiegt, so dass die Spaltöffnungen, welche hier auf der dem Stamm zugekehrten Oberseite liegen, ebenfalls in einen windstillen Raum münden. Andere Einrichtungen zur Herabsetzung der Verdunstung beruhen auf anatomischen Eigenthümlichkeiten der Pflanzentheile und sind in einem späteren Abschnitt des Buches zu besprechen.

Im direkten Gegensatz zu den Gewächsen mit spärlicher Wasseraufnahme stehen die Wasserpflanzen. Die gänzlich veränderten äusseren Bedingungen, unter welchen die untergetauchten Laubblätter derselben ihre Funktion zu verrichten haben, erfordern eine Veränderung des Blattbaues, welche meistens schon in der äusseren Gestalt der Blätter deutlich zum Ausdruck kommt. In allen Fällen sind die Wasserblätter so gebaut, dass eine verhältnissmässig grosse Oberfläche mit dem Wasser in Berührung steht; die Blätter stellen entweder lange schmale Bänder dar, wie bei Sagit-

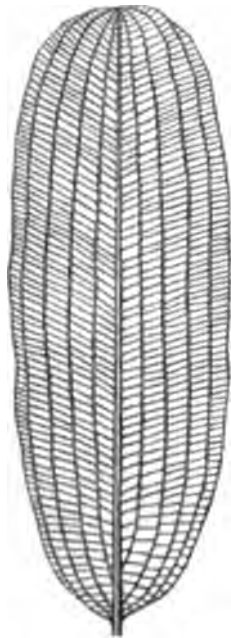


Figur 50.

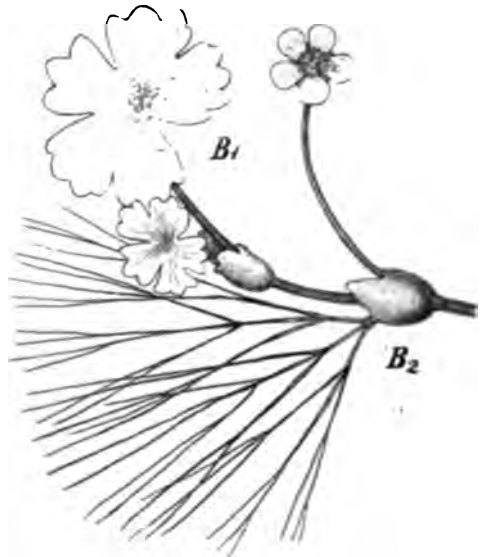
A Rollblatt von *Ledum palustre* ($\frac{2}{1}$). 1 von der Unterseite, 2 von oben. Bei 2 ist die Spitze fortgeschnitten, um die Einrollung zu zeigen. **B** Spross von *Juniperus communis* mit nadelförmigen Blättern. **C** Spross von *Sequoia gigantea* mit schuppenförmigen Blättern.

taria, oder grosse dünne Flächen, wie bei Nuphar, oder die Blattfläche ist in zahlreiche bisweilen haarfeine Gipfel aufgelöst, wie bei den Wasserranunkeln. Bei *Ouvirandra fenestralis* (Fig. 51) ist sie von vielen fensterartigen Oeffnungen durchbrochen, so dass die ganze Blattfläche ein zartes Gitterwerk darstellt, welches dem Wasser eine im Verhältniss zu der Substanz des Blattes sehr grosse Berührungsfläche darbietet.

Durchlöchernte Blattflächen kommen auch bei einigen Landpflanzen vor, z. B. bei der Aroidee *Monstera*, welche wegen ihrer schönen Blätter häufig als Zierpflanze gezogen wird, indess hat die Durchlöcherung hier für das Blatt keine andere Bedeutung als die Zertheilung der Blattfläche zur Verringerung der Angriffsfläche für Wind und Regen.



Figur 51.
Gitterförmiges Blatt von
Ouvirandra fenestralis ($\frac{1}{2}$).



Figur 52.
Spross von *Ranunculus aquatilis*.
 B_2 ist ein in zahlreiche feine Zipfel zertheiltes
Wasserblatt. B_1 ist ein über die Wasseroberfläche
hervortretendes Luftblatt.

Manche Wasserpflanzen leben nur zu Anfang ihrer Entwicklung gänzlich untergetaucht, später erreichen sie mit ihren oberen Theilen den Wasserspiegel und entfalten einzelne Theile ihres Vegetationskörpers an der Luft. Bei ihnen finden wir ausser den untergetauchten Wasserblättern auch Luftblätter vor, welche, entsprechend der veränderten Lebensbedingung, auch anderen Bau aufweisen als die ersteren. So bilden sich bei *Sagittaria* neben den bandförmigen Wasserblättern später Luftblätter mit pfeilförmiger Spreite. Ein schönes Beispiel bietet auch der oben abgebildete *Ranunculus aquatilis* (Fig. 52), bei dem die Luftblätter flächenförmig ausgebreitet, die Wasserblätter dagegen in fadenförmige Zipfel zertheilt sind.

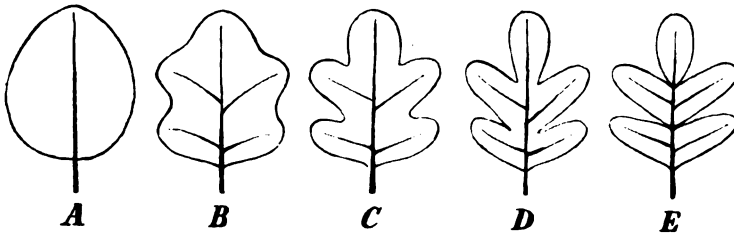
Das Vorkommen verschiedener Blattformen an derselben Pflanze wird als **Heterophyllie** bezeichnet.

Nur wenige Blattflächen sind ganzrandig, d. h. am Blattrande ohne Vorsprünge und Einschnitte, meist ist der Blattrand ausgezackt oder mit sägezahnähnlichen Vorsprüngen besetzt. Die Spitze der Blattfläche ist meistens mehr oder minder weit vorgezogen und stellt bei vielen Pflanzen eine Abtropfvorrichtung dar zur schnellen Trockenlegung der Blattspreite nach Regenfall. Auch die Basis der Spreite ist häufig beiderseits über die Anheftungstelle hinaus vorgezogen.

In der beschreibenden Botanik sind zur Bezeichnung der verschiedenen Umrissformen der Blattspreite sowie der Ausbildung des Randes, der Spitze und der Basis der Spreite eine Anzahl streng definierter Kunstausdrücke in Gebrauch, welche durch die folgenden Tabellen kurz erklärt und durch schematische Figuren dargestellt werden sollen.

Zertheilung der Blattfläche.

I. Die Blattfläche ist ohne tiefere Theilungen: *einfach* (Fig. 53A).



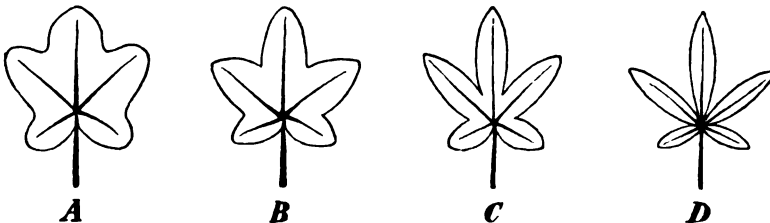
Figur 53.

A einfach. B fiederförmig gelappt. C fiederspaltig. D fiedertheilig. E fiederschnittig.

II. Es sind tiefere Einschnitte vorhanden.

A. Die Nervatur ist fiederförmig.

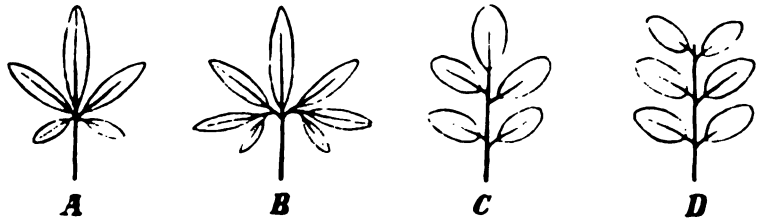
1. die Einschnitte reichen nicht bis zur Mitte der Spreitenhälfte: *fiederförmig gelappt* (Fig. 53B);
2. die Einschnitte reichen gerade bis zur Mitte der Spreitenhälfte: *fiederspaltig* (Fig. 53C);
3. die Einschnitte reichen fast bis zur Mittelrippe: *fiedertheilig* (Fig. 53D);
4. die Einschnitte erreichen die Mittelrippe: *fiederschnittig* (Fig. 53E).



Figur 54. A handförmig gelappt. B handspaltig. C handtheilig. D handförmig geschnitten.

B. Die Nervatur ist handförmig.

1. die Einschnitte reichen nicht bis zur Mitte zwischen Blattrand und Blattgrund: *handförmig gelappt* (Fig. 54A);
2. die Einschnitte erreichen die Mitte zwischen Blattrand und Blattgrund: *handspaltig* (Fig. 54B);
3. die Einschnitte gehen fast bis zum Blattgrund: *handtheilig* (Fig. 54C);
4. die Einschnitte gehen bis zum Blattgrund: *handförmig geschnitten* (Fig. 54D).



Figur 55.

A gefingert. B fussförmig. C unpaarig gefiedert. D paarig gefiedert.

III. Die Blattfläche ist aus einzelnen Blättchen zusammengesetzt, welche mit besonderen Stielchen an dem gemeinsamen Blattstiel befestigt sind.

A. Die Anordnung der Blättchen ist handförmig: *gefingert* (Fig. 55A).

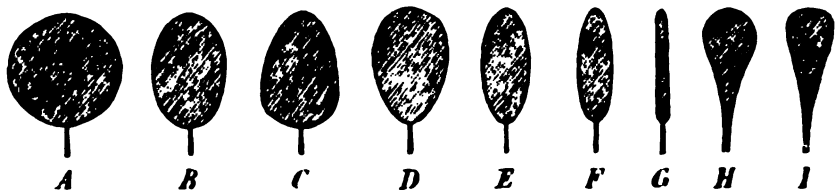
Als besondere Abart kann das *fussförmig* zusammengesetzte Blatt (Fig. 55B) gelten, bei welchem an den seitlichen Abschnitten nach aussen hin Abschnitte höherer Ordnung ausgebildet sind.

B. Die Anordnung der Blättchen ist fiederförmig:

1. mit Endblättchen: *unpaarig gefiedert* (Fig. 55C);
2. ohne Endblättchen: *paarig gefiedert* (Fig. 55D).

Die Fiederblättchen eines gefiederten Blattes können ebenfalls gefiedert sein, ebenso die Fiederblättchen höherer Ordnung; so dass doppelt- und mehrfachgefiederte Blätter entstehen.

Gesamttumriss der Blattfläche.



Figur 56.

A kreisrund. B oval. C eirund. D verkehrt eirund. E länglich. F lanzettlich. G lineal. H spatelförmig. I keilförmig.

I. Die Blattspreite ist so lang als breit: *kreisrund* (Fig. 56 A).

II. Die Blattspreite ist länger als breit.

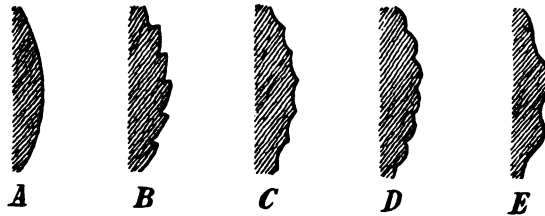
A. Die grösste Breite liegt in der Mitte oder wenig von derselben entfernt.

1. die Länge beträgt höchstens doppelt soviel als die Breite;
 - a) die grösste Breite liegt in der Mitte der Blattfläche: *oval* oder *eliptisch* (Fig. 56 B);
 - b) die grösste Breite liegt näher an der Basis: *eirund* (Fig. 56 C);
 - c) die grösste Breite liegt näher an der Spitze: *verkehrt eirund* (Fig. 56 D);
2. die Länge ist zwei bis drei Mal grösser als die Breite: *länglich* (Fig. 56 E);
3. die Länge ist drei oder mehr Mal grösser als die Breite;
 - a) die Seitenränder der Spreite verlaufen bogenförmig: *lansettlich* (Fig. 56 F);
 - b) die Seitenränder verlaufen gerade und sind parallel: *lineal* (Fig. 56 G);

B. Die grösste Breite liegt nahe hinter der Spitze.

1. der vordere breite Theil ist rundlich: *spatelförmig* (Fig. 56 H);
2. der vordere breite Theil ist stumpf: *keilförmig* (Fig. 56 I).

Ausbildung des Blattrandes.



Figur 57.

A ganzrandig. B gesägt. C gezähnt. D gekerbt. E ausgeschweift.

I. Der Blattrand ist ganz ohne Vorsprünge: *ganzrandig* (Fig. 57 A).

II. Der Blattrand ist mit Vorsprüngen besetzt.

A. Die Vorsprünge sind spitz.

1. die Buchten zwischen den Vorsprüngen sind spitz: *gesägt* (Fig. 57 B);
2. die Buchten zwischen den Vorsprüngen sind stumpf: *gezähnt* (Fig. 57 C).

B. Die Vorsprünge sind stumpf.

1. die Buchten zwischen den Vorsprüngen sind spitz: *gekerbt* (Fig. 57 D);
2. die Buchten zwischen den Vorsprüngen sind stumpf: *ausgeschweift* (Fig. 57 E).

Ausbildung der Blattspitze.

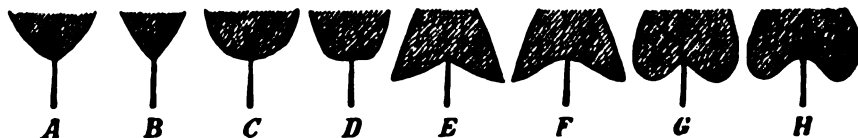


Figur 58.

A stumpf. **B** spitz. **C** zugespitzt. **D** stachelspitzig. **E** abgerundet. **F** gestutzt. **G** ausgerandet.

- I. Die seitlichen Blattränder bilden an der Blattspitze einen Winkel.
 - A. Der Winkel ist ein stumpfer: *stumpf* (Fig. 58 **A**).
 - B. Der Winkel ist ein spitzer.
 1. die Seitenränder sind vor der Spitze geradlinig oder schwach nach aussen gewölbt: *spitz* (Fig. 58 **B**);
 2. die Seitenränder sind vor der Spitze etwas ausgeschweift: *zugespitzt* (Fig. 58 **C**);
 3. die Seitenränder sind vor der Spitze stark ausgeschweift, so dass die Blattfläche plötzlich in eine Spitze ausgezogen erscheint: *stachelspitzig* (Fig. 58 **D**).
- II. Die seitlichen Blattränder bilden an der Spitze keinen Winkel.
 - A. Die Blattspitze wird von einem nach aussen gewendeten Kreisbogen gebildet: *abgerundet* (Fig. 58 **E**).
 - B. Die Blattfläche wird an der Spitze durch eine gerade Linie begrenzt: *gestutzt* (Fig. 58 **F**).
 - C. Es ist eine Ausbuchtung an der Spitze vorhanden: *ausgerandet* (Fig. 58 **G**).

Ausbildung der Basis.



Figur 59.

A stumpf. **B** spitz. **C** abgerundet. **D** gestutzt. **E** pfeilförmig. **F** spießförmig. **G** herzförmig. **H** nierenförmig.

- I. Die unteren Theile der Spreitenhälften reichen nicht über den Mittelpunkt der Basis hinaus zurück.
 - A. Die seitlichen Blattränder bilden an der Basis einen Winkel.
 1. der Winkel ist ein stumpfer: *stumpf* (Fig. 59 **A**);
 2. der Winkel ist ein spitzer: *spitz* (Fig. 59 **B**).
 - B. Die Blattränder bilden an der Basis keinen Winkel.
 1. die Basis ist von einem Kreisbogen umgrenzt: *abgerundet* (Fig. 59 **C**);
 2. die Basis wird von einer geraden Linie begrenzt: *gestutzt* (Fig. 59 **D**).

II. Die unteren Theile der Spreitenhälften ragen als Lappen zu beiden Seiten über den Mittelpunkt der Basis hinaus zurück.

A. Die Lappen sind spitz.

1. die Einbuchtung zwischen den Lappen ist spitz: *pfeilförmig* (Fig. 59 E);
2. die Einbuchtung ist rund: *spießförmig* (Fig. 59 F).

B. Die Lappen sind abgerundet.

1. die Einbuchtung ist spitz: *herzförmig* (Fig. 59 G);
2. die Einbuchtung ist stumpf: *nierenförmig* (Fig. 59 H).

Blattstiel. — Der Blattstiel befestigt die Spreite an dem Spross und bringt dieselbe in eine günstige Lage, zugleich stellt der Stiel für den Stofftransport im Innern der Pflanze die Verbindung zwischen Spross und Blattfläche her. Der Stiel ist gewöhnlich ein stabförmiges Gebilde. Bei einigen Wasserpflanzen, *Pontederia* und *Trapa*, schwellen die Blattstiele sehr stark auf, sie werden fast ei- oder kugelförmig. In ihnen befinden sich grosse luftgefüllte Hohlräume, durch deren Vorhandensein die Schwimmfähigkeit der betreffenden Pflanzentheile wesentlich erhöht wird. Gelegentlich ist an den Seiten des Blattstieles eine blattspreitenähnliche Verbreiterung vorhanden, welche den Blattstiel befähigt an der Assimilationsarbeit des Blattes direkten Antheil zu nehmen. Der Blattstiel wird dann als geflügelt bezeichnet (Fig. 61 A).

Bei einigen Gewächsen, deren Blattspreiten verkümmert sind, übernimmt der blattartig verbreiterte Blattstiel allein die Assimilation. Man nennt in solchem Falle das Assimilationsorgan ein Phyllodium. Die Figur 60 stellt eine Keimpflanze einer Akazie dar, welche im erwachsenen Zustande nur Phyllodien besitzt. Die ersten Blätter der jungen Pflanzen entwickeln indess noch eine zusammengesetzte Blattspreite und die darauffolgenden Blätter zeigen alle Uebergänge zu den Phyllodien, so dass über die morphologische Natur dieser Gebilde als verbreiteter Blattstiele kein Zweifel bestehen kann. Gewöhnlich ist der Blattstiel an dem basalen



Figur 60.

Keimpflanze von *Acacia melanoxylon* (verkleinert). Die unteren Blätter bilden Blattspreiten aus, die oberen sind Phyllodien. Die Uebergangsformen zwischen beiden zeigen, dass die letzteren verbreiterte Blattstiele sind, deren Spreiten verkümmern.

Rande der Blattspreite eingefügt, nur bei den **schildförmigen** Blättern liegt die Einfugungsstelle des Stieles vom Blattrande entfernt auf der Unterseite der Spreite (Fig. 61 B). Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass diese Anheftungsweise dadurch zu Stande kommt, dass eine dicht an der Stielinsertion liegende Zone des Oberblattes spreitenartig auswächst und eine Fortsetzung der Blattfläche über die Stielinsertion hinaus bildet.

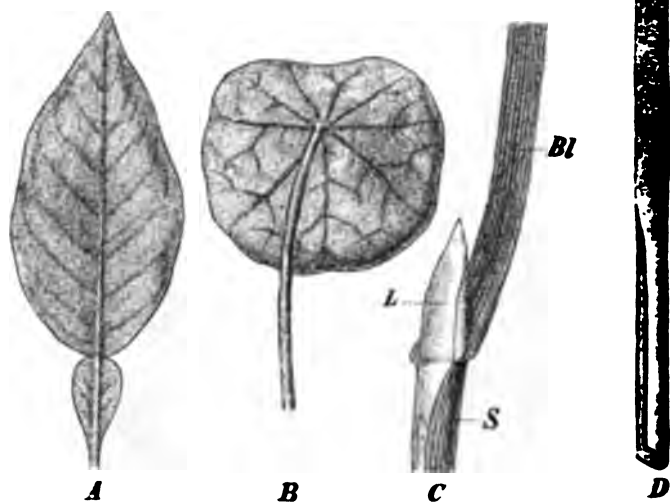
Blattscheide. — Bei den Monocotyledonen sind gestielte Blätter viel seltener zu finden als bei den Dicotyledonen, umgekehrt ist aber die Entwicklung einer Blattscheide in der ersteren Abtheilung viel weiter verbreitet als in der letzteren (Fig. 61 C u. D). Die Blattscheide stellt den mehr oder minder weit um die Sprossachse herumgreifenden abgeflachten Blattgrund dar. Sie bildet ein Schutzorgan für die Achselknospe des Blattes.

Bei manchen Monocotyledonen, z. B. den Gräsern und Halbgräsern, bildet die Scheide eine röhrenförmige Umhüllung des Stengels und schützt zugleich die unteren, weichen, noch im Wachsthum begriffenen Theile des Internodiums. An der Uebergangsstelle von der Blattscheide zur Blattspreite befindet sich bei vielen

Gräsern und gelegentlich auch in anderen Pflanzengruppen auf der Oberseite der Spreite ein häutiger Auswuchs, die **Ligula**, welche gleichsam eine Verlängerung der Blattscheide über die Ansatzstelle hinausdarstellt (Fig. 61 C). Während im Allgemeinen die Fläche der Scheide stielloser Blätter direkt in die Blattfläche übergeht, ist bei den **schwertförmigen** Blättern der Schwertlilien und bei einigen anderen Monocotyledonen die

Blattfläche vertikal gestellt und erscheint als ein verlängerter kielförmiger Ansatz an der Aussenseite der winkelig gefalteten Blattscheide (Fig. 61 D).

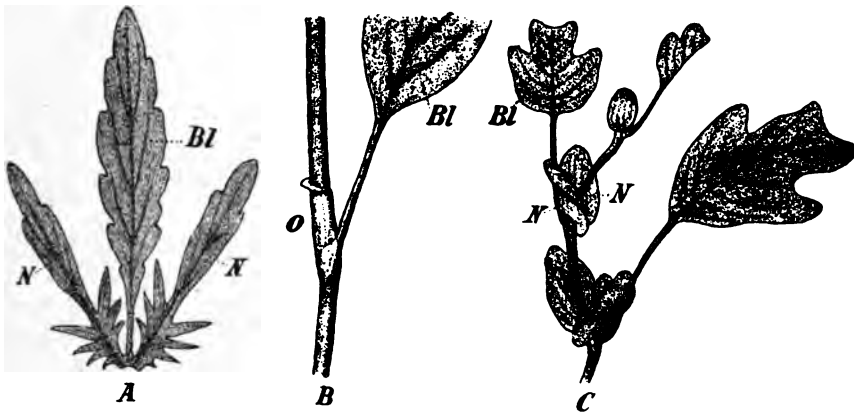
Nebenblätter. — Indem sich die seitlichen Zipfel der Blattscheide blattähnlich ausbilden, gehen aus denselben die Nebenblätter hervor. Sie sind in manchen Fällen durch einen scheidenförmigen Theil mit dem



Figur 61.

A Blatt von Citrus mit geflügeltem Blattstiel (¹ a). B schildförmiges Blatt von Tropaeolum (¹ a). C mittlerer Theil des Blattes von Poa angustifolia. Bl/ Blattfläche. S Scheide. L Ligula. D schwertförmiges Blatt von Iris. (¹ a)

Blattstiel verbunden, in anderen Fällen stehen sie frei beiderseits neben der Blatinserktion. Gewöhnlich entstehen die Nebenblätter frühzeitig an den Blattanlagen und entwickeln sich bei manchen Pflanzen so schnell, dass sie die Sprossspitze vollständig überdecken und eine schützende Hülle für dieselbe bilden. Wenn das nächste Blatt sich entfaltet, werden dann meistens die überflüssig gewordenen Schutzorgane frühzeitig abgeworfen. Bei andern Gewächsen entwickeln sich die Nebenblätter zugleich mit dem Blatt und werden zu grünen laubblattähnlichen Assimilationsorganen (Fig. 62A). Die tutenförmigen Hüllen, welche bei einigen Gewächsen, z. B. dem Tulpenbaum, den Feigenbäumen und den Magnolien, den Sprossscheitel und die jüngsten Blattanlagen schützend umschliessen, sind ebenfalls Nebenblattgebilde. Sie werden durch das Wachstum der jüngeren von ihnen eingehüllten Theile des Sprosses schliesslich



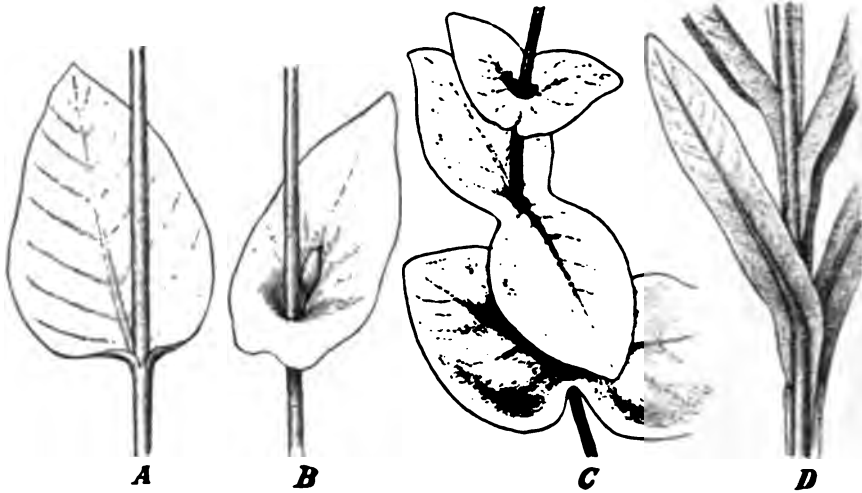
Figur 62.

A Blatt von *Viola tricolor* mit laubblattartig entwickelten Nebenblättern *N*. **B** Blatt von *Polygonum orientale* ($\frac{1}{2}$). Die Nebenblätter bilden eine Ochrea, eine den Spross umhüllende Röhre *O*. **C** Sprossgipfel von *Liriodendron* (nach Payer). Die Nebenblätter des jüngsten Blattes bilden eine schützende Hülle um die jüngeren Sprosstheile; später wird die Hülle in zwei den Nebenblättern entsprechende Theile *N* aufgelöst.

auseinander gedrängt. Bei den Polygonaceen wird die Blattscheide an der Spitze durch den fortwachsenden Spross durchbrochen und bleibt als scheidenförmige Hülle, Ochrea, am Grunde des Internodiums erhalten (Fig. 62B).

Blätter ohne Stiel und Scheide. — Blätter, denen Stiel und Scheide gänzlich fehlen, sind meist mit breiter Basis dem Spross angeheftet. Wenn dabei der Grund der Spreitenhälften jederseits vorgezogen ist und mehr oder minder weit um den Spross herumgreift so wird das Blatt als **stengelumfassend** bezeichnet (Fig. 63A). Das stengelumfassende Blatt bildet einen Uebergang zu dem **durchwachsenen** Blatt, bei welchem die um den Spross herumgreifenden basalen Lappen der Spreitenhälften miteinander verwachsen sind (Fig. 63B). Wenn zwei an demselben Stengelknoten einander gegenüberstehende Blätter mit ihrer Basis seitlich von der Insertionsstelle zusammengewachsen sind, so heisst das Gebilde ein

verwachsenes Blatt (Fig. 63 C). Als **herablaufende Blätter** bezeichnet man stiel- und scheidenlose Blätter, deren Blattfläche sich über die Insertionsstelle hinaus an dem darunter gelegenen Stengelinternodium als flügelartige Verbreiterung fortsetzt (Fig. 63 D).

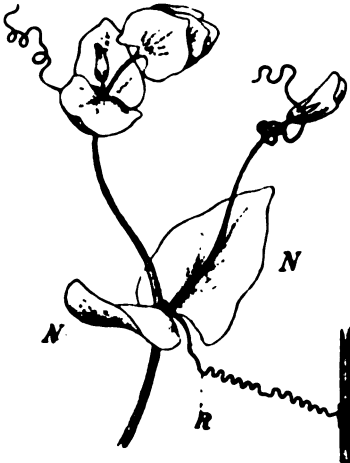


Figur 63. **A** Stengelumfassendes Blatt von *Hieracium amplexicaule* ($\frac{1}{3}$). **B** durchwachsendes Blatt von *Bupleurum rotundifolium*. **C** Sprossstück von *Lonicera Caprifolium* mit verwachsenen Blättern. **D** Sprossstück von *Centaurea montana* mit herablaufenden Blättern.

4. Metamorphosirte Blätter.

In ähnlicher Weise, wie bei den Wurzeln und den Sprossachsen, finden sich unter den Blättern Gebilde, welche neue, dem normalen Laubblatt nicht zukommende Funktionen übernommen haben und eine dementsprechend veränderte morphologische Ausbildung besitzen.

Blattranken. — Es ist schon früher kurz darauf hingewiesen, dass bei manchen Kletterpflanzen die Kletterorgane aus umgebildeten Blättern bestehen. Der einfachste Fall ist dabei, dass, ohne weitere Aenderung des Blattbaues, der Blattstiel gegen Berührung reizbar ist und sich um die Stütze herumwindet, wie es bei den schildförmigen Blättern der Kapuzinerkresse und anderen der Fall ist.



Figur 64. Sprossstück von *Lathyrus Aphaca*. **N** Nebenblätter. **R** das als Ranke ausgebildete Oberblatt.

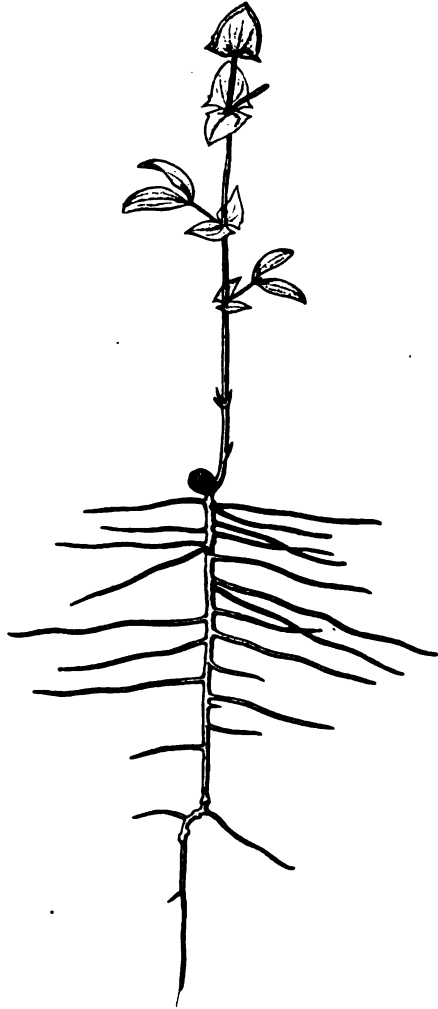
Weitergehende Metamorphose der Blätter treffen wir in der Familie der Leguminosen an. Dort sind häufig die gefiederten Blattspreiten in ihrem oberen Theil in eine fadenförmige, einfache oder verzweigte Ranke verwandelt, während sie unten normale Fiederblättchen besitzen. Bei *Lathyrus Aphaca* sind nur die Nebenblätter als assimilirende Flächen erhalten geblieben, während das ganze übrige Blatt eine reizbare Ranke darstellt (Fig. 64). Bei der Keimung entwickelt diese Pflanze erst einige spreitentragende Blätter, an welche sich später in allmählicher Abstufung metamorphosirte Blätter anschliessen, bis endlich nur noch Blattranken und Nebenblätter ausgebildet werden (Fig. 65). Die Blattranken sind entweder wie bei *Lathyrus Aphaca* einfach, oder sie sind verzweigt entsprechend der Umbildung aus zusammengesetzten Blättern.

Den umgekehrten Fall, wie bei *Lathyrus Aphaca*, finden wir in der zu den Monocotyledonen gehörigen Gattung *Smilax*. Dort ist die eigentliche Blattspreite wohl ausgebildet, während sich aus dem Battgrund Ranken entwickeln.

Dornen. — Die Umbildung von Blatttheilen oder Blättern zu Dornen, zur Abwehr thierischer Feinde, ist nicht selten. Bei dem in Figur 66 A abgebildeten Blatt einer *Acacia* sind nur die Nebenblätter derartig entwickelt.

Für die Umbildung des ganzen Blattes bietet *Berberis* ein bekanntes Beispiel. Man findet bei demselben oft an einem Sprosse alle Uebergänge von Blättern mit dorniggezähntem Rande bis zu den charakteristischen handförmig getheilten Blattdornen mit Achselknospen, welche die Blattnatur der Dornen ohne Weiteres erkennen lassen (Fig. 66 B).

Succulente Blätter. — Die Blätter vieler *Mesembryanthemum*- und *Sedum*-arten, ferner diejenigen der *Agaven* und *Aloen* und mancher



Figur 65.

Keimpflanze von *Lathyrus Aphaca*.
Die ersten Blätter besitzen noch eine Spreite, an den späteren wird dieselbe zur Ranke umgebildet.



Figur 66

A Blatt von *Acacia eburnea*, dessen Nebenblätter zu Dornen umgewandelt sind. **B** Zweig von *Berberis vulgaris* mit Blattdornen und Uebergangsformen zwischen Laubblättern und Dornen ($\frac{1}{2}$). **C** Spross von *Mesembryanthemum elegans* mit dicken, fleischigen Blättern *Bl*.

anderer Gewächse, die trockene Standorte bewohnen, haben neben ihrer assimilatorischen Thätigkeit die Funktion von Wasserspeichern übernommen. Man bezeichnet derartige Pflanzen als Blattsucculenten. Die



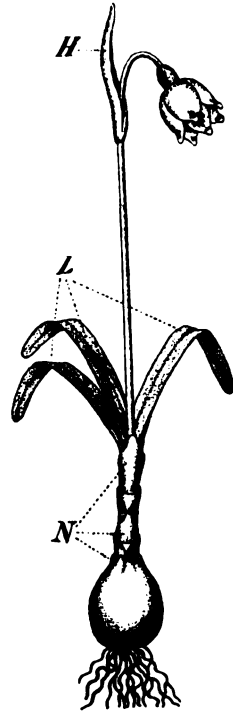
Figur 67.

A Blattstück von *Utricularia vulgaris* mit zahlreichen Blasen. **B** Blatt von *Nepenthes Mastersi* mit einer kannenförmigen Thierfalle ($\frac{1}{2}$). **C** Hecherförmiges Blatt von *Sarracenia flava* ($\frac{1}{2}$).

Blattspreite ist bei ihnen nicht eine dünne Gewebeplatte, sondern ein mehr oder minder dicker fleischiger Körper, dessen Zellen zum Theil Chlorophyll enthalten. Die im Innern gelegenen Gewebetheile sind sehr saftreich und liefern bei eintretender Dürre die Feuchtigkeit zur Unterhaltung der Lebensprozesse im Blatte.

Thierfallen. — Eine der merkwürdigsten Blattmetamorphosen, welche seit ihrem Bekanntwerden das allgemeinste Interesse auf sich gezogen hat, ist die Umbildung von Blättern oder Blatttheilen zu Fangapparaten für kleinere Thiere, welche bei einigen thierfressenden Pflanzen beobachtet wird. Unter den einheimischen Gewächsen zeigen die wasserbewohnenden Utrikularien derartige Einrichtungen (Fig. 67A). Einzelne Zipfel des vielfach zertheilten Blattes sind blasenförmig; der enge Eingang zur Blase ist durch eine Klappe verschlossen, welche sich nach innen öffnet und kleinen Thieren leicht Einlass gewährt, den Ausweg aber völlig versperrt. Bei den Nepenthesarten, den Sarracenien und Darlingtonien sind die Blätter oder einzelne Theile derselben zu becher- oder kannenförmigen Gebilden geworden, welche zum Theil mit ausgeschiedener Flüssigkeit gefüllt sind und Fallgruben darstellen, denen die gefangenen Gliederthiere nicht zu entrinnen vermögen (Fig. 67 B u. C). In Figur 67 B ist das metamorphosirte Blatt einer Nepenthesart dargestellt, an welchem die Spreite zu einer Kanne umgebildet ist; der Blattgrund ist blattartig verbreitert, ein mittlerer Theil als Ranke ausgebildet.

Niederblätter. — Mit dem gemeinschaftlichen Namen Niederblätter hat man ursprünglich gewisse Blattmetamorphosen bezeichnet, welche unterhalb der Laubblattregion an vielen Pflanzen auftreten. Die Analogie zwingt uns aber, gewisse Blattbildungen an der Basis von Seitensprossen, welche hoch oben am Pflanzenkörper entspringen, als Niederblätter zu bezeichnen und an Sprossen, bei denen die Entwicklung der Endknospe durch Ruheperioden unterbrochen wird, wechseln meistens Laubblätter und Niederblätter miteinander ab. Die Niederblätter gehen aus gleichen Anlagen wie die Laubblätter hervor. Diese Anlagen schlagen aber in Folge des Einflusses innerer und äusserer Umstände frühzeitig einen eigenen Entwicklungsgang ein, welcher von dem des Laubblattes wesentlich verschieden ist. Meist werden sie schuppenförmig, indem nur der Blattgrund sich entwickelt, das Oberblatt aber gänzlich oder theilweise verkümmert (Fig. 68). Häufig sind die Niederblätter besonders an unterirdischen Sprossen als die Ueberreste der funktionslos gewordenen und deshalb verkümmerten Laubblätter anzusehen, welche für die Lebens-

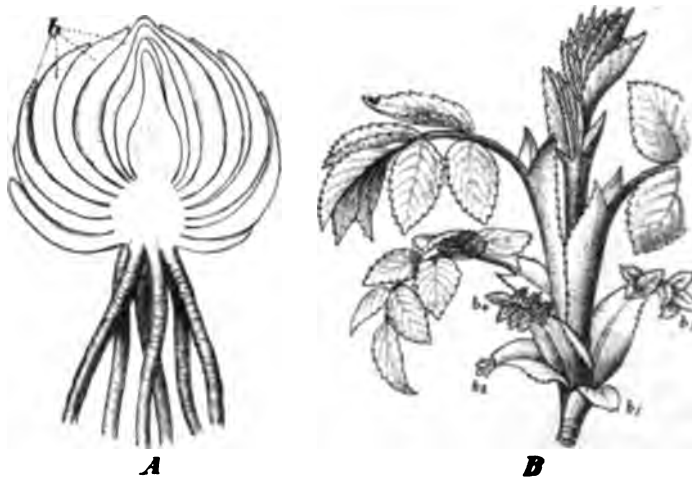


Figur 68.

Leucojum vernum ($\frac{1}{3}$).
N Niederblätter. L Laubblätter. H Hochblatt.

verrichtungen der Pflanze keine Bedeutung mehr haben, in anderen Fällen aber haben dieselben besondere biologische Funktionen übernommen und besitzen dementsprechend eine eigentartige Ausbildung.

An manchen unterirdischen Rhizomen mehrjähriger Pflanzen sind die Niederblätter als dicke, fleischige Schuppen entwickelt, deren Zellen mit Reservestoffen erfüllt sind. Diese **Reservestoffbehälter** sind bei manchen Gewächsen in zerstreuter Stellung an den mit gestreckten Internodien versehenen Rhizomen angeordnet. Bei den **Zwiebeln** vieler Monocotyledonen steht dagegen eine grössere Anzahl von reservestoffreichen Niederblättern dicht gedrängt an einer kurzen Achse. Die Schuppen erlangen hier eine bedeutende Flächenausdehnung; die inneren werden von den äusseren dicht umhüllt, so dass ein festes, knollenähnliches Gebilde entsteht.



Figur 69.

A Längsschnitt einer Zwiebel von *Lilium tigrinum*. *b* Blätter. **B** Austreibende Zweigknospe einer Rose (nach Payer), am Grunde mit Knospenschuppen und mit Uebergangsformen zwischen diesen und den Laubblättern *b*₁ — *b*₄.

Indem die zur Zwiebel vereinigten Niederblätter die Sprossachse und die an derselben vorhandenen Knospen fest umhüllen, sind dieselben zugleich Schutzorgane für die jugendlichen Anlagen. Die Funktion einer schützenden Hülle für junge Sprossanlagen kommt den Niederblättern auch sonst in vielen Fällen zu. An der Basis der jüngsten Zweige unserer Holzgewächse finden wir im Frühling gewöhnlich einige schuppenförmige Niederblätter, welche eine lederige Beschaffenheit besitzen. Es sind die **Knospenschuppen**, welche die Anlage des Zweiges im Knospenzustande umhüllten und gegen ungünstige äussere Einflüsse schützten. Wenn sich die Knospe zum Zweig entwickelt, werden die Knospenschuppen abgeworfen. Bei einigen Holzgewächsen sind zwischen den typischen Knospenschuppen und den Laubblättern allmählich abgestufte Uebergangs-

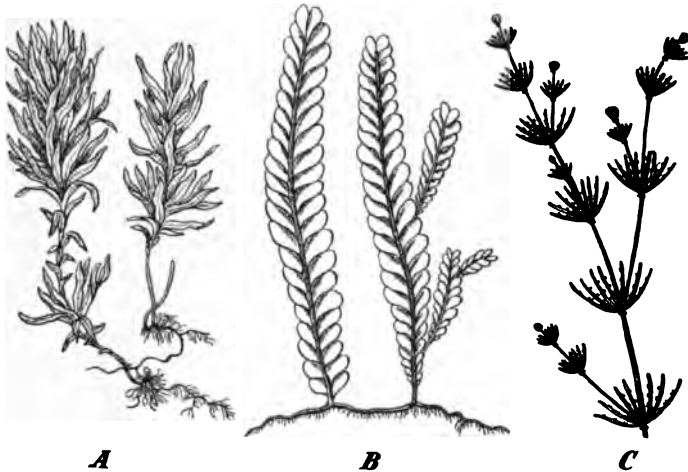
formen vorhanden, welche erkennen lassen, dass die Knospenschuppen in der That als umgewandelte Laubblätter anzusehen sind (Fig. 69 B). An den Knospen einiger Holzpflanzen und der meisten Kräuter sind die äussersten Blätter, welche zeitweilig als Schutzorgane der Anlage dienen, nicht abweichend gebaut und entwickeln sich gleich den übrigen Blattanlagen zu Laubblättern; man bezeichnet die Knospen in diesem Falle als nackte Knospen.

Zu den Niederblättern kann man endlich auch die Cotyledonen der Keimpflanzen rechnen, deren Leistung als Reservestoffbehälter, als erste Assimilationsorgane oder als Saugorgane zur Aufnahme der im Samenendosperm vorhandenen Nährstoffe früher schon kurz erwähnt worden ist (vergl. S. 5).

Hochblätter. — Als Hochblätter werden die Blattgebilde oberhalb der Laubblattregion des Sprosses bezeichnet, welche in Form, Farbe oder sonstigen Eigenschaften von den Laubblättern verschieden sind (Fig. 68). Dieselben sind gleichfalls metamorphosirte Laubblätter und oft durch mancherlei Uebergänge mit den Laubblättern verbunden. An rein vegetativen Sprossen werden keine Hochblätter ausgebildet; sie finden sich nur in der Blütenregion des Sprosses. Die eingehendere Besprechung derselben gehört also in das folgende Kapitel.

5. Der vegetative Spross der niederen Pflanzen.

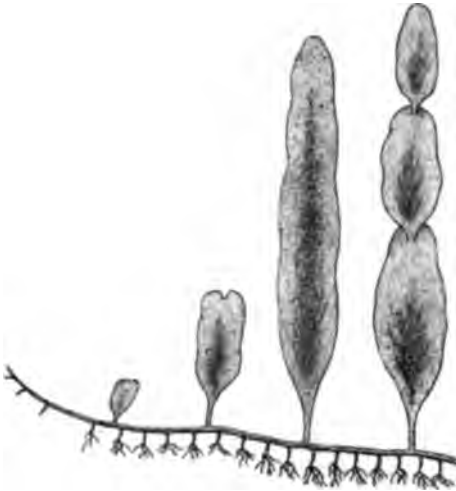
Die gefässlosen Pflanzen haben, soweit bei ihnen überhaupt ein gegliederter Vegetationskörper vorhanden ist, sehr einfach gebaute Sprosse. Das Stämmchen der Laubmoose ist meistens fadenförmig dünn, bei einigen Arten wächst es senkrecht aufwärts, bei anderen kriecht es am Boden hin,



Figur 70.

A Sprosse eines Laubmooses, *Atrichum undulatum*. B Sprosse eines beblätterten Lebermooses, *Plagiochila asplenioides*. C Spross einer Characee, *Chara contraria*.

neben einfachen kommen auch reichverzweigte Sprossachsen vor (Fig. 70A). Die sitzenden Blätter sind klein und zart, die Nervatur fehlt entweder gänzlich oder es ist nur eine Mittelrippe vorhanden. Die Blattspreite ist meist einfach und flach ausgebreitet oder muschelartig gekrümmt. Die Blätter der Lebermoose sind häufig gelappt, gespalten oder geteilt. Bei den Lebermoosen mit thallosem Spross sind keine Blätter ausgegliedert, der ganze Spross stellt eine laubartige Assimilationsfläche mit dorsiventralem Bau dar, welcher mit zarten Haarwurzeln am Boden befestigt ist (Fig. 20).



Figur 71.
Vegetationskörper der Meeresalge
Caulerpa prolifera.

Unter den Algen besitzen die Characeen verhältnissmässig hochorganisirte Sprosse. Es ist eine Sprossachse mit unbegrenztem Spitzenwachsthum vorhanden, aus deren durch längere Internodien getrennten Knoten Blätter mit begrenztem Wachsthum und Seitensprosse entspringen (Fig. 70C). Die Blätter sind cylindrisch, einfach oder verzweigt, und enthalten, wie die Zellen der Sprossachse, reichlich Chlorophyll. Die thallosen Sprosse der Meeresalgen besitzen zum Theil gleichfalls eine verhältnissmässig weitgehende Differenzirung. So kann man an der Siphonee *Caulerpa*, welche einen sehr einfachen anatomischen Bau aufweist, einen rhizomartig kriechenden bewurzelten Theil unterscheiden, an welchem nach oben

hin laubartig ausgebreitete Assimilationsflächen stehen (Fig. 71). Der Spross der riesenhaften Meeresalge *Macrocystis*, ist mit einem wurzelartigen Haftorgan am Meeresboden befestigt; er erhebt sich als cylindrischer Strang bis an die Oberfläche des Wassers und trägt dort blattähnliche seitliche Anhängsel. Die Entstehung dieser blattähnlichen Gebilde weicht aber von derjenigen der Blätter höherer Pflanzen wesentlich ab. Unmittelbar hinter dem Vegetationspunkt stellt der Spross eine thallose Fläche dar, aus welcher erst durch nachträgliche Spaltung die Achse und die seitlichen Anhängsel ausgegliedert werden. Häufig sind aber die Sprosse der Algen viel einfacher gebaut, wie die früher schon erwähnten Beispiele von *Dictyota* (Fig. 6B) und *Botrydium* (Fig. 1) zeigen.

Viertes Kapitel. Die Blüthe.

Die die geschlechtliche Fortpflanzung vermittelnden Reproduktionsorgane entstehen bei den Gefässpflanzen an Blättern. Bei vielen Farnen sind die grünen Laubblätter direkt die Träger der Reproduktionsorgane, bei anderen dienen diesem Zwecke besondere, mehr oder weniger modificirte Blattorgane, welche als Sporophylle bezeichnet werden. Dieselben stehen entweder zwischen den vegetativen Blättern oder sie sind in einer besonderen Region des vegetativen Sprosses zusammengestellt.

Die Samenpflanzen besitzen besondere, reproduktive Sprosse oder Sprossabschnitte, welche statt der Laubblätter Sporophylle tragen. Diese reproduktiven Sprosse werden Blüthen genannt. Meist sind an denselben neben den Sporophyllen noch andere metamorphosirte Blattorgane vorhanden, welche schützende Hüllen für die Sporophylle darstellen oder in anderer Weise indirekt an dem Zustandekommen der geschlechtlichen Fortpflanzung mitwirken.

Man theilt nach der Beschaffenheit der Blüthen die Samenpflanzen in Angiospermen und Gymnospermen, wobei die Anordnung der Samenanlagen (der Organe, welche die Eizellen einschliessen) das wesentliche Unterscheidungsmerkmal bildet. Bei den Angiospermen sind die Samenanlagen in einen Fruchtknoten, ein von Sporophyllen gebildetes, kapselartiges Gehäuse eingeschlossen; bei den Gymnospermen stehen sie frei auf der Oberfläche der Sporophylle. Auch im Uebrigen sind zwischen den Blüthen der beiden Gruppen grosse Unterschiede vorhanden.

Wir werden in der folgenden Darstellung der morphologischen Verhältnisse mit der Angiospermenblüthe beginnen und zum Schluss auch die weit einfachere Blüthe der Gymnospermen einer kurzen Betrachtung unterziehen.

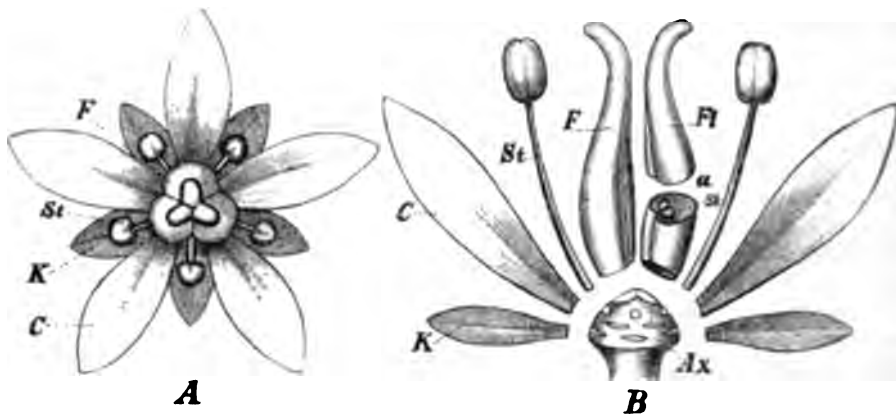
1. Die Organe der Angiospermenblüthe und ihre räumlichen Beziehungen zu einander.

Die Blüthentheile. — Die Blüthe ist ein metamorphosirter Spross oder Sprossabschnitt, der die Funktion hat, Geschlechtsorgane hervorzubringen und die geschlechtliche Fortpflanzung zu vermitteln. Man kann an der Blüthe, wie an jedem Spross, die Achse und die seitlichen Organe, die Blätter, unterscheiden (vergl. Fig. 72). Die Letzteren lassen sich in drei Gruppen eintheilen, die man als Blüthenhülle (Perianth), Androeceum und Gynaeceum bezeichnet.

Die **Blüthenhülle** ist ein unwesentlicher Theil der Blüthe in sofern, als sie nur als Schutzorgan für die inneren Blüthentheile fungirt oder durch Anlockung der zur Uebertragung des Blütenstaubes nöthigen Insekten doch nur indirekt an der Vermittelung der geschlechtlichen Fortpflanzung betheiligt ist. In manchen Fällen sind die zur Blüthenhülle

zusammentretenden Blätter alle von ähnlicher Gestalt und Beschaffenheit; man nennt die Blütenhülle dann ein **Perigon**. In anderen Fällen sind die Blätter der Blütenhülle ungleich: die äusseren sind grün gefärbt, von derber, krautartiger Beschaffenheit — man bezeichnet sie in ihrer Gesamtheit als **Kelch** (Calyx); die inneren, nicht grüngefärbten sind zarthautig und meist auch in der Form von den äusseren verschieden; sie bilden die **Krone** (Corolla).

Auf die Blütenhülle folgt nach Innen zu eine Anzahl von **Staubblättern**, meist faden- oder säulenförmigen Gebilden, welche an ihrem oberen Ende die Pollensäcke mit dem Blütenstaub tragen. Die Staubblätter stellen in ihrer Gesamtheit den männlichen Theil der Blüthe, das **Androeceum**, dar. Das **Gynaeceum**, der weibliche Blüthentheil, nimmt das Centrum der Blüthe ein. Es besteht gleichfalls aus einer



Figur 72.

Schema der Angiospermenblüthe.

A Blüthe von oben. **B** zerlegte Blüthe; von den gleichartigen Gliedern der einzelnen Blattkreise sind nur je zwei gezeichnet. *Ax* Blütenachse mit den Narben der abgetrennten Blattorgane, *K* Kelchblatt, *C* Kronblatt, *St* Staubblatt, *F* Fruchtblatt. Das Fruchtblatt *Fi* ist bei *a* durchschnitten, um zu zeigen, dass dasselbe einen Hohlraum umschliesst, in welchem die Samenanlagen *St* enthalten sind.

Anzahl von Blattgebilden, den **Fruchtblättern** oder Carpellen, welche zu einem oder mehreren kapselartigen Gehäusen, den **Fruchtknoten**, vereinigt sind. In den Fruchtknoten sind die **Samenanlagen** eingeschlossen, aus denen nach der Befruchtung die Samen der Pflanze sich entwickeln. Nicht in allen Blüthen finden sich die drei Organgruppen: Blütenhülle, Androeceum und Gynaeceum vollständig entwickelt. Häufig fehlt die Blütenhülle gänzlich oder es ist nur ein Theil derselben, entweder nur der Kelch oder nur die Krone vorhanden. Blüthen, welche zugleich ein Androeceum und Gynaeceum besitzen, werden zwittrig (monoclin) genannt. Wenn nur eines der beiden, entweder nur das Gynaeceum oder nur das Androeceum, in einer Blüthe vorhanden ist, so wird diese als eingeschlechtige (dicline), als weibliche oder männliche Blüthe bezeichnet. Selbstverständlich müssen in diesem Falle zum Zustandekommen der geschlechtlichen Fortpflanzung

beiderlei Blüten, männliche und weibliche, bei derselben Pflanzenart vorhanden sein. Finden sich beiderlei Blüten auf derselben Pflanze, so nennt man die Art **monöcisch**; sind die männlichen und weiblichen Blüten auf verschiedene Exemplare der Pflanzenart vertheilt, so wird diese als **diöcisch** bezeichnet. Blüten, denen beiderlei Geschlechtsorgane fehlen, können natürlich die geschlechtliche Fortpflanzung nicht direkt vermitteln. Wir finden derartige Gebilde bei einigen Pflanzenfamilien neben vollständigen Blüten. Ihre vergrößerte Blütenhülle dient den unscheinbaren geschlechtlichen Blüten als Anlockungsmittel der Insekten.

Nur bei wenigen Pflanzen nimmt die Blüthe die Spitze des Hauptsprosses ein; meist stehen die Blüten als Seitensprosse an vegetativen Sprossen oder an anderen Blüthensprossen. Das Blatt der Abstammungsachse, in dessen Achsel die Blüthe steht, wird wie bei den vegetativen Sprossen als **Deckblatt** oder Tragblatt bezeichnet (Fig. 73); es ist häufig ein in Form und Ausbildung von den Laubblättern verschiedenes Hochblatt. An dem Blüthenspross stehen unterhalb der eigentlichen Blüthe meist noch ein oder mehrere Hochblätter, welche als **Vorblätter** bezeichnet werden. Ihre Stellung an der Achse und ihre Zahl gehören mit zur Charakteristik der Blüten. Bei mehrblüthigen Pflanzen entspringen häufig in der Achsel der Vorblätter einer Blüthe seitliche Blüten höherer Ordnung, so dass also die Vorblätter der einen Blüthe zugleich Deckblätter für die anderen Blüten sind.



Figur 73.

Blüthe von Dictamnus.

Dieselbe steht an der Abstammungsachse *Ax*, in der Achsel des Deckblattes *D* und besitzt zwei Vorblätter *V*.

Die Stellung der Blüthentheile. —

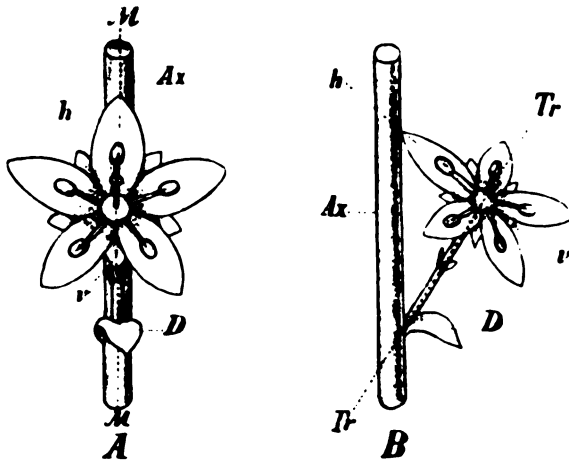
Bezüglich der Anordnung der Blattgebilde an der Blütenachse sind wie bei den Laubblättern die Quirlstellung und die Spiralstellung zu unterscheiden. Während aber die Stellung aller Laubblätter

einer Pflanze immer die gleiche ist, können in den Blüten Quirlstellung und Spiralstellung mit einander abwechseln. Sind alle Organe einer Blüthe in Quirlen angeordnet, so bezeichnet man die Blüthe als **cyklisch**. Stehen alle Organe in Spiralstellung, so ist die Blüthe **acyklisch**. Sind einzelne Organgruppen in Quirlen, andere spiralig gestellt, so wird die Blüthe **hemicyklisch** genannt.

Die Zahl der zu einem Blattkreis vereinigten Organe bewegt sich innerhalb weiter Grenzen, ist indessen für die einzelne Art meistens constant. Je nachdem ein, zwei, drei oder mehr Glieder in einem Blattkreis vorhanden sind, wird derselbe als mono-, di-, tri- oder polymer bezeichnet. Wenn die aufeinanderfolgenden Blattkreise in der Blüthe isomer sind, d. h. aus gleichviel Gliedern bestehen, so sind zwei verschiedene Anordnungen möglich. Entweder liegen die Insertionen der Glieder beider Kreise auf denselben Radien; es stehen also die Glieder des inneren Kreises in radialer Richtung gerade vor denen des äusseren; man sagt dann, die Glieder des inneren Kreises sind denen des äusseren

superponirt. Im andern Falle stehen die Glieder des inneren Kreises vor der Lücke zwischen zwei Gliedern des äusseren Kreises, dann bezeichnet man dieselben als **alternirend**. Sehr häufig ist der Fall, dass die Anzahl der Organe in den einzelnen Kreisen verschieden ist. Die mannigfaltigen Zahlen- und Stellungsverhältnisse, welche so zu Stande kommen, sind nicht nur bei derselben Pflanzenart stets dieselben, sondern sie zeigen oft auch in grösseren Gruppen des Pflanzenreiches weitgehende Aehnlichkeit.

Zur Bezeichnung der Lage der einzelnen Blüthentheile bedient man sich einiger leicht verständlicher Ausdrücke (vergl. die Schemata in Fig. 74). Die der Abstammungsachse zugekehrte Seite der Blüthe ist **hinten**, die von derselben abgewandte **vorne**. Die durch die Achse der Blüthe und zugleich durch die Abstammungsachse gelegte



Figur 74.

Schema einer seitenständigen Blüthe.

A von vorne, **B** von der Seite. *Ax* Abstammungsachse. *D* Deckblatt, *h* hinten, *v* vorne. *M—M* die Medianebene, *Tr—Tr* Transversalebene, beide senkrecht zur Fläche des Papiers.

Ebene ist die **Medianebene** oder **Mediane**; sie theilt die Blüthen, entsprechend den Ausdrücken vorne und hinten, in eine rechte und linke Seite. Die Ebene, welche rechtwinkelig zu der Mediane durch die Blütenachse gelegt wird, ist die **Transversalebene** oder **Transversale**. Die beiden Ebenen, welche die rechten Winkel zwischen Mediane und Transversale halbiren, sind die **Diagonalebene**.

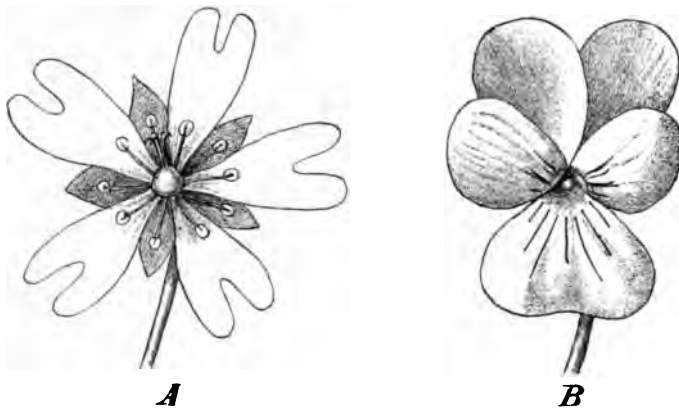
Die **Symmetrieverhältnisse in der Blüthe**. — Viele Blüthen sind vollkommen radiärggebaut; die Blätter

der Blütenhüllen, die Staubblätter und die Carpelle sind ringsherum gleichmässig an der Achse vertheilt und besitzen in den einzelnen Kreisen unter sich die gleiche Grösse und Gestalt; derartige Blüthen werden **aktinomorph** genannt (Fig. 75A). Indem aber bei anderen Blüthen die Vertheilung der Organe um die Achse eine ungleichmässige wird, oder indem die Glieder in den einzelnen Kreisen in Gestalt und Grösse von einander abweichen, kommen unregelmässige Blütenformen zu Stande. Meist sind die unregelmässigen Blüthen dorsiventral gebaut, d. h. sie lassen sich durch eine Ebene in zwei symmetrische Hälften zerlegen; sie werden dann **zygomorph** genannt (Fig. 75B).

Meist fällt die Symmetrieebene der dorsiventralen Blüthen mit der Mediane zusammen; man nennt die Blüthen dann **medianzygomorph**.

Indess sind auch transversalzygomorphe und schrägzygomorphe Blüten, bei denen die Transversale oder eine zwischen Mediane und Transversale fallende Ebene die Symmetrieebene ist, nicht gerade selten. Gänzlich unsymmetrische Blüten kommen nur bei wenigen Gewächsen vor.

Diagramm und Blütenformel. — Man kann die Zahl-, Stellungs- und Symmetrieverhältnisse in einer Blüte leicht übersichtlich durch einen schematischen Grundriss, ein **Diagramm**, darstellen, in welchem die einzelnen Organe nach Uebereinkunft durch besondere Zeichen wiedergegeben werden. Im Allgemeinen werden Zeichen gewählt, welche annähernd dem Querschnitt der betreffenden Organe entsprechen. Verwachsungen der einzelnen Blüthentheile werden durch graphische Verbindung der betreffenden Zeichen ausgedrückt.



Figur 75.

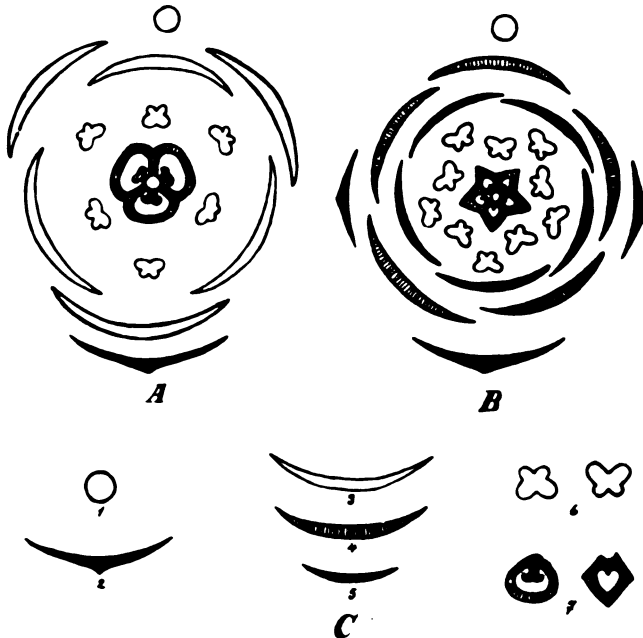
A aktinomorphe Blüte von *Cerastium silvaticum* ($\frac{5}{1}$);
B zygomorphe Blüte von *Viola tricolor* ($\frac{2}{1}$).

Die Figur 76 A stellt das Blüthendiagramm der Herbstzeitlose, die Figur 76 B dasjenige des Wiesen-Storchschnabels dar. Mit Hülfe der auch für alle folgenden Diagramme gültigen Zeichenerklärung (Fig. 76 C) sind aus denselben alle Einzelheiten des Blütenbaues ohne Weiteres zu ersehen. Die Blüte von *Colchicum* ist aktinomorph und steht seitlich am Spross in der Achsel eines Deckblattes; Vorblätter sind nicht vorhanden. Das Perigon besteht aus zwei dreigliedrigen, alternirenden Wirteln; die beiden ebenfalls dreigliedrigen Staubblattkreise setzen die Alternanz regelmässig fort. Der Fruchtknoten wird von drei Carpellen gebildet, welche wieder mit dem inneren Kreise des Androeceums alterniren. Bei der ebenfalls aktinomorphen Blüte des Storchschnabels stehen an dem in der Achsel des Deckblattes entspringenden Blütenstiel zwei seitliche Vorblätter. Die fünf Kelchblätter stehen in einer Spirale in $\frac{2}{5}$ Divergenz angeordnet. Die fünf Kronblätter stehen im Quirl und alterniren mit den Kelchblättern. Das Androeceum besteht aus zwei fünfgliedrigen, alternirenden Staubblattwirteln, deren äusserer dem Kreis der Kronblätter superponirt ist. Die fünf Glieder des Gynaeceums alterniren mit den inneren Staubblättern.

Ausser den Diagrammen werden auch noch Blütenformeln für die kurze Charakterisierung der Blüten verwendet. In denselben werden die Organgruppen durch einzelne Buchstaben, die Zahl der Glieder in den einzelnen Kreisen durch Ziffern ausgedrückt. Sind einzelne Organe mit einander verwachsen, so werden die betreffenden Ziffern eingeklammert. *P* Perigon, *K* Kelch, *C* Krone, *A* Androeceum, *G* Gynaeceum.

Dem Diagramm der Figur 76 **A** entspricht also die Formel:

$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ G\ (3).$$



Figur 76.

Blüthendiagramme.

A *Colchicum autumnale*. **B** *Geranium pratense*. (Erklärung im Text.)
C die Zeichen für die einzelnen Blüthentheile: 1 Abstammungsachse, 2 Deck- oder Vorblatt, 3 Perigonblatt, 4 Kelchblatt, 5 Kronblatt, 6 Staubblätter, 7 Fruchtblätter.

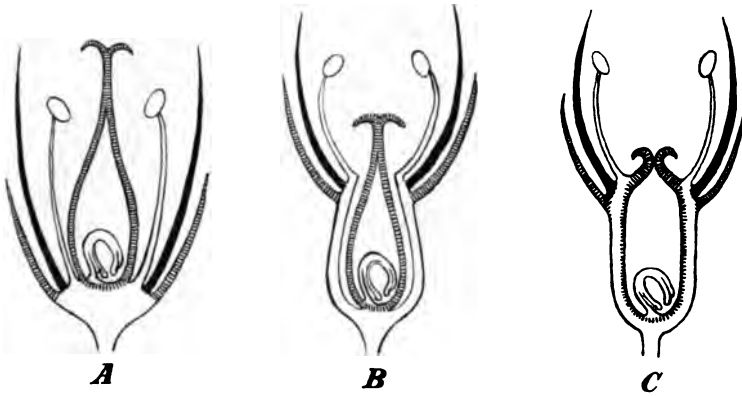
Die Formel für das Diagramm der Figur 76 **B** lautet:

$$K\ 5\ C\ 5\ A\ 5 + 5\ G\ (5).$$

Die Blütenformel gibt hauptsächlich nur die Zahlenverhältnisse in der Blüte an, während das Diagramm auch die Stellung der Glieder zu einander und die Symmetrieverhältnisse der Blüte erkennen lässt. Indem aber die Blütenformel nur die wesentlichsten Merkmale der Blüte zum Ausdruck bringt, von allen unwesentlichen Bauverhältnissen aber unbeeinflusst bleibt, lassen sich in derselben die principiellen Uebereinstimmungen und Verschiedenheiten im Blütenbau der verschiedenen Pflanzengruppen viel leichter überblicken, als in dem specialisirenden Diagramm.

2. Die Plastik der Blüthenthelle.

Die Blütenachse. — Die Blütenachse besitzt ein begrenztes Wachstum; das embryonale Gewebe ihres Vegetationspunktes wird meist ganz zur Ausbildung der Blätter und der Geschlechtsorgane aufgebraucht, so dass die innersten Blattgebilde der Blüthe direkt auf dem Sprossscheitel oder doch unmittelbar unter demselben entstehen. Der unter der Blüthe liegende Theil der Blütenachse wird Blütenstiel genannt. Internodien sind an der Blütenachse zwischen den Blattkreisen der Blüthe in der Regel nicht ausgebildet; die Blattorgane stehen an derselben dicht gedrängt. Meist ist der obere Theil der Blütenachse kreiselförmig verbreitert (Fig. 72 B, Ax), so dass die einzelnen Organe nicht über und unter einander, sondern neben einander auf dem Ende der Achse stehen,



Figur 77.

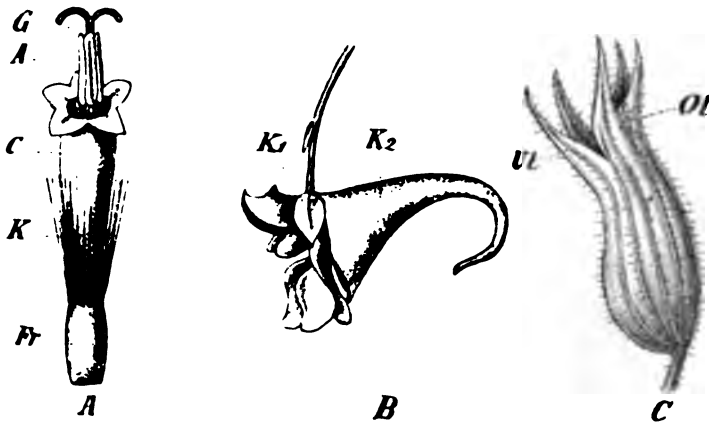
Schematische Blütenlängsschnitte. Blütenachse und Staubblätter sind weiss, Kelch- und Fruchtblätter sind schraffirt, Kronblätter sind schwarz gezeichnet; im Innern des Fruchtknotens ist eine Samenanlage angedeutet.

A epiphyne Blüthe; Fruchtknoten oberständig. **B** perigyne Blüthe; Fruchtknoten mittelständig. **C** hypogyne Blüthe; Fruchtknoten unterständig.

wie aus dem schematischen Blütenlängsschnitt in Figur 77 **A** ersichtlich ist. Man bezeichnet solche Blüthen als **hypogyn**, das die Mitte der Blüthe einnehmende Gynaeceum als **oberständig**. Indem nun bei manchen Blüthen die Zone der Blütenachse, welche die Blütenhülle und die Staubblätter trägt, ein stärkeres Wachstum erfährt und sich wie ein Ringwulst über das Centrum der Blüthe erhebt, wird die Achse zu einem becher- oder krugförmigen Gebilde, auf dessen Rande die Blütenhülle und die Staubblätter inserirt sind, während das Gynaeceum frei im Grunde der Vertiefung steht. Diese Form der Blüthe, welche als **perigyn** bezeichnet wird, ist durch das Schema in Figur 77 **B** dargestellt. Die Fruchtknoten perigynen Blüthen sind **mittelständig**. Sind endlich die Fruchtblätter mit dem von der Blütenachse gebildeten Becher verwachsen,

so dass nur die oberen Theile derselben frei über die Insertionsstelle der Blüthenhülle und der Staubblätter hervorragen, wie es in Figur 77 **O** schematisch dargestellt ist, so heisst die Blüthe **epigyn**; der Fruchtknoten ist **unterständig** oder **halbunterständig**, je nachdem ein kleineres oder grösseres Stück der Carpelle über den Rand des Bechers emporragt.

Bei einigen Pflanzenarten sind zwischen den Blattkreisen der Blüthe schuppen- oder polsterförmige Auswüchse der Achse vorhanden, welche als **Nektarien** dienen, d. h. sie sind Sekretionsorgane, welche eine meist süsse Flüssigkeit abgeben, durch welche die Insekten zum Besuche der Blüthen angelockt werden. Bisweilen erreichen derartige Auswüchse eine ziemliche Ausdehnung und treten zu einem Ringwulst in der Blüthe zu-



Figur 78

- A** Blüthe einer Composite, deren Kelch K in haarförmige Zipfel aufgelöst ist. Fr der unterständige Fruchtknoten. C die Krone. A die Staubblätter. G der Griffel.
B hängende Blüthe von *Impatiens noli-tangere*. Das Kelchblatt K_2 ist gespornt und bedeutend grösser als das andere sichtbare Kelchblatt K_1 .
C zweilippiger, verwachsenblättriger Kelch von *Calamintha alpina*. U Unterlippe, O Oberlippe

sammen, welcher als **Diskus** bezeichnet wird. Man unterscheidet intrastaminale und extrastaminale Lage des Diskus, je nachdem derselbe innerhalb oder ausserhalb des durch den Staubblattkreis umgrenzten Theiles der Achsenoberfläche liegt.

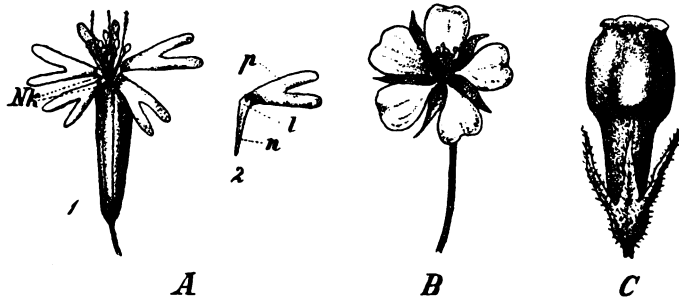
Die Blüthenhülle. — Die Blüthenhülle wird, wie erwähnt, häufig von zwei Blattkreisen gebildet, von denen der äussere den Kelch, der innere die Krone darstellt. Die Blätter des Kelches werden **Sepalen** genannt; sie sind meist von derber Beschaffenheit und laubgrün gefärbt. Eine Gliederung in Stiel und Spreite ist bei ihnen nicht vorhanden. Sie sind gewöhnlich ganzrandig und einfach geformt und sitzen mit breiter Basis an der Blüthenachse.

In einigen Pflanzengattungen, bei vielen Compositen zum Beispiel, sind die Sepalen nicht blattförmig ausgebildet, sondern sie sind in feine

haarförmige Zipfel aufgelöst, welche nach dem Abfall der übrigen Blüthen-theile als Haarschopf oder Pappus an der Frucht erhalten bleiben und als Flugapparat die Fortführung der Frucht durch den Wind ermöglichen (Fig. 78A). Bisweilen sind die Kelchblätter an den Blüthen nur als kleine, wenig über die Oberfläche der Blüthenachse hervortretende grüne Höckerchen entwickelt; in manchen Blüthen fehlen sie gänzlich.

Bei vielen Pflanzen stehen die Kelchblätter alle frei neben einander auf der Blüthenachse. In anderen Fällen sind dieselben mehr oder weniger weit mit einander seitlich verwachsen, so dass röhrenförmige, glockenförmige, trichterförmige Kelche entstehen, aus denen nur die oberen Theile der Sepalen als freie Zipfel hervortreten.

Ungleichmässige Ausbildung der Kelchblätter ist nicht gerade häufig. Gelegentlich zeichnet sich eines der Blätter durch besondere Form aus; so ist z. B. in der Blüthe der Balsamine ein Kelchblatt bedeutend grösser als die übrigen und gespornt, d. h. es ist an demselben ein schmaler, sackartiger Auswuchs vorhanden (Fig. 78B). Auch an verwachsenblättrigen Kelchen



Figur 79.

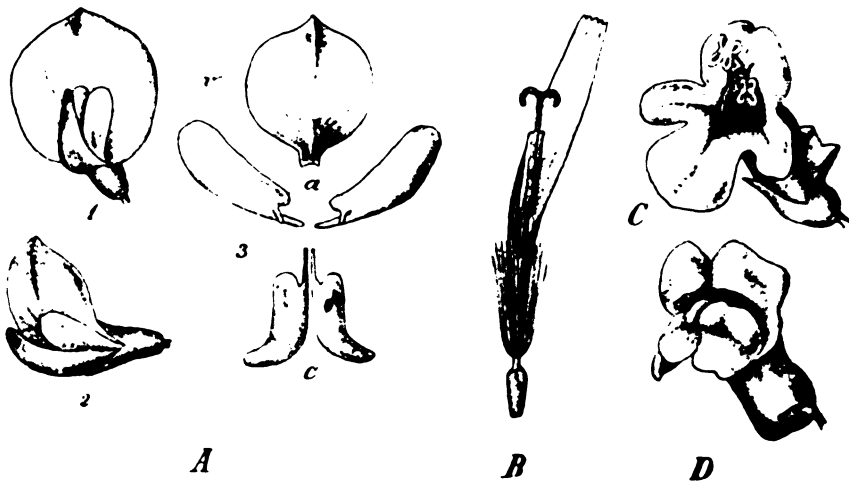
A 1. Blüthe von *Silene pilosa* mit Nebenkronen *Nk*. 2. ein Kronblatt: *n* Nagel, *p* Platte, *l* Ligula. B choripetale Blüthe von *Potentilla alba* C gamopetale Blüthe von *Symphytum officinale*.

können derartige Unregelmässigkeiten vorkommen; bei den Labiaten und Leguminosen sind z. B. die Kelche meist zweilippig, indem auf zwei gegenüberliegenden Seiten die Sepalen einander genähert sind und Gruppen bilden, zwischen denen die Verwachsung weniger weit hinauf reicht, als zwischen den einzelnen Gliedern der Gruppe; häufig ist dann auch die Form der Kelchzipfel auf den gegenüberliegenden Seiten verschieden (Fig. 78C).

Die Blätter der Krone, die **Petalen**, übertreffen gewöhnlich die Kelchblätter an Grösse und sind meist auffällig bunt oder weiss gefärbt. Die Grösse und die Färbung machen die Kronblätter geeignet, die Aufmerksamkeit der honig- oder pollensammelnden Insekten zu erregen; ihre Gestalt nöthigt oft die Insekten beim Besuch der Blüthen zu Körperstellungen und Bewegungen, durch welche die Uebertragung des Blüthenstaubes von Blüthe zu Blüthe ermöglicht wird. Gewöhnlich sind die Petalen flachblattartig und sitzen mit verschmälertem Grunde an der Achse. Oft ist der untere schmale Theil lang ausgezogen, so dass man deutlich einen flächenförmigen Theil, die **Platte**, und einen stielartigen Theil, den

Nagel, an dem Kronblatt unterscheiden kann. Wo der Nagel in die Platte übergeht, findet sich manchmal eine **Ligula** (vergl. S. 50); so wird z. B. in der Blüthe von *Silene* durch die Ligulargebilde der Petalen eine **Nebenkron**e gebildet (Fig. 79A). Blüthen, in denen die Petalen frei neben einander stehen, heissen **choripetal** (Fig. 79B). Häufig sind die Petalen seitlich mit einander zu röhren-, glocken- oder trichterförmigen Gebilden verwachsen; die Blüthen heissen dann **gamopetal** oder **sympetal** (Fig. 79C). Die Verwachsung der Kronblätter wird im Diagramm durch die Verbindung der einzelnen Zeichen ausgedrückt.

Zygomorphie der Krone ist sowohl bei choripetalen als bei gamopetalen Blüthen weit verbreitet. Zwischen den einfachen Fällen, in denen einzelne Kronblätter durch geringe Abweichung in Gestalt und Grösse



Figur 80.

A Schmetterlingsblüthe. 1. von vorne, 2. von der Seite gesehen; 3. die einzelnen Kronblätter: *v* Fahne, *a* die Flügel, *c* die das Schiffchen bildenden beiden vorderen Kronblätter.

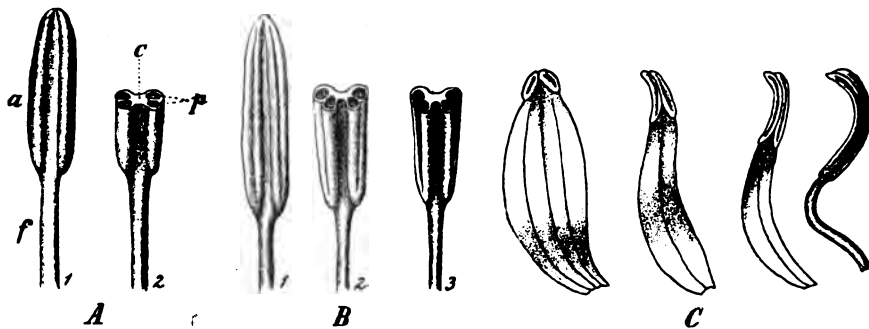
B Zungenblüthe von *Taraxacum officinale*. **C** Lippenblüthe von *Melissa officinalis*.

D Maskierte Lippenblüthe von *Antirrhinum majus*.

eine Unregelmässigkeit bedingen und den complicirten, absonderlich gebauten Kronen, wie sie z. B. bei manchen Orchideen sich finden, sind mancherlei Abstufungen vorhanden. Häufiger vorkommende Fälle sind das Auftreten einzelner gespornter oder kapuzenförmiger Kronblätter, die Schmetterlingsblüthen, die Zungenblüthen und die Lippenblüthen. Die **Schmetterlingsblüthen**, welche bei den Leguminosen vorkommen, besitzen eine fünfblättrige, choripetale Krone. Das hintere Blatt ist breit und meist flach; es wird **Fahne** genannt. Die daran schliessenden seitlichen Petalen heissen die **Flügel**; die beiden vorderen, welche dicht aneinander liegen oder gar mit einander verwachsen sind, bilden das **Schiffchen** (Fig. 80A). Die **Zungenblüthen** treffen wir bei den Compositen an; sie sind gamopetal und die oberen Theile einiger oder aller

Petalen bilden einen schmalen, bandartigen Streifen, welcher mehr oder minder weit über den röhrenförmigen Theil der Krone emporragt (Fig. 80B). Bei den ebenfalls gamopetalen **Lippenblüthen**, die in mehreren Pflanzenabtheilungen vorkommen, setzt sich der Rand der durch Verwachsung von fünf Kronblättern zu Stande gekommenen Kronröhre in zwei meist gewölbten, median gestellten Lappen fort (Fig. 80C). Der hintere Lappen, welcher oft von zwei Petalen gebildet wird, heisst Oberlippe; der vordere, an dessen Bildung meist drei Petalen Theil nehmen, heisst Unterlippe. Wenn die Unterlippe eine blasenartige Vorwölbung besitzt, welche den Schlund der Kronröhre verschliesst, so wird die Krone als **maskirt** oder **personat** bezeichnet (Fig. 80D).

Unregelmässigkeit der Krone kann auch dadurch zu Stande kommen, dass einzelne Kronblätter in der Entwicklung zurückbleiben oder gänzlich unterdrückt werden. An dieses Vorkommen schliessen sich endlich Fälle an, in denen die Krone vollständig fehlt.



Figur 81.

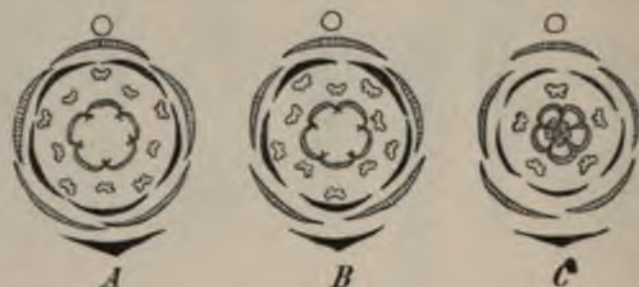
A₁ u. B₁ Staubblätter mit verschiedener Anordnung der Antherenhälften. *f* Filament. *a* Anthere. A₂ u. B₂ dieselben mit durchschnittener Anthere. *c* Connectiv. *p* Pollensäcke. B₃ Staubblatt nach der Oeffnung der Antherenfächer quer durchschnitten. Je zwei Pollensäcke bilden ein Antherenfach. C verschieden geformte Staubblätter aus einer Blüthe der Wasserrose.

Ist die Blütenhülle ein Perigon, ist also kein Unterschied zwischen den einzelnen Blättern vorhanden, so können die letzteren in Form und Ausbildung entweder alle kelchartig (calycinisch) oder alle kronartig (corollinisch) gebildet sein. Bei einigen Pflanzen findet unter den spiralig angeordneten Blättern der Blütenhülle ein ganz allmählicher Uebergang von calycinischen zu corollinischen Blättern statt. Seitliche Verwachsung der Perigonblätter zu einem röhren- oder glockenförmigen Gebilde ist nicht selten, selbst wenn dieselben in zwei alternirenden Kreisen angeordnet sind; so ist z. B. die sechszipfelige Perigonröhre der Hyacinthe durch Verwachsung von zwei alternirenden, dreigliedrigen Blattkreisen entstanden.

Das Androeceum. — Die Staubblätter sind diejenigen Blüthen-theile, welche in ihrer Form und Ausbildung im Allgemeinen am wenigsten ihre Blattnatur verrathen. Man unterscheidet an denselben das Filament und die Anthere. Das **Filament** ist gewöhnlich fadenförmig oder säulenförmig, nur bei wenigen Pflanzen ist dasselbe blattartig verbreitert. Letzteres

ist z. B. bei den meisten Wasserrosen der Fall, wo sich alle Uebergänge zwischen kronblattartigen und fadenförmigen Filamenten finden (Fig. 81C). In den meisten Fällen ist das Filament der Staubfäden einfach, selten tritt Verzweigung ein. Bisweilen geht die Verzweigung der Filamente so früh vor sich, dass das gemeinsame Fussstück der Zweige sich fast gar nicht über die Oberfläche der Blütenachse erhebt; die Zweige erscheinen dann wie einzelne Staubblätter, welche gruppenweise in der Blüte zusammengedrängt sind.

Der Theil des Staubblattes, welcher die Anthere trägt, heisst **Connectiv**. Gewöhnlich ist das Connectiv ein schmaler Gewebekörper, an welchem beiderseits eine Anthereanhälfte sitzt. In der Anthere sind als wesentlichster Bestandtheil die Pollensäcke eingeschlossen, welche den Blütenstaub enthalten. Meist sind in jeder Anthereanhälfte zwei Pollensäcke vorhanden (Fig. 81). Bei der Reife verschwindet die Zwischenwand zwischen denselben, so dass jede Anthereanhälfte ein einziges Fach bildet. Bei einigen Pflanzen sind die Pollensäcke an den vier Kanten des Connectivs, zwei schräg nach innen und zwei schräg nach aussen angeordnet,



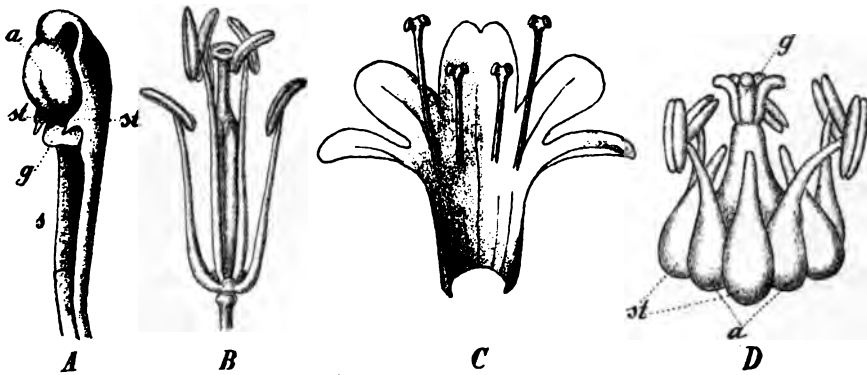
Figur 82.

Schematische Diagramme. A diplostemon. B obdiplostemon. C haplostemon.

wie es Figur 81A zeigt. Oftmals sind dieselben durch das Wachsthum des Connectivs alle nach der Innenseite oder nach der Aussenseite des Staubblattes hin verschoben (Fig. 81B); im ersteren Falle werden die Staubblätter als intrors, im letzteren als extrors bezeichnet. Im Blüthendiagramm lässt sich die Stellung der Pollensäcke an den Staubblättern durch die Form des Antherenzeichens leicht ausdrücken; so sind in dem Diagramm in Figur 76A die Staubblätter extrors, in Figur 76B intrors. Der in den Antherenfächern enthaltene Blütenstaub besteht aus kugelförmigen, eiförmigen oder eckigen Körperchen, den **Pollenkörnern**, welche bei einzelnen Pflanzen eine glatte Oberfläche besitzen, bei anderen mit Stacheln oder Warzen, oder leistenförmigen Vorsprüngen versehen sind. Gewöhnlich trennen sich die Pollenkörner bei der Reife leicht von einander; selten bleiben dieselben zu vier oder zu mehreren mit einander verbunden; bei einigen Orchideen bleiben alle Pollenkörner eines Antherenfaches mit einander in Verbindung und bilden ein Pollinarium.

In den Blüten mancher Monocotyledonen und Dicotyledonen sind die Staubblätter in zwei Kreisen angeordnet, welche mit einander alterniren

und ebenso viele Glieder haben, als die Kreise der Blütenhülle. Die Staubblätter, welche vor den Kelchblättern stehen, werden als Kelchstamina, die vor den Kronblättern stehenden als Kronstamina bezeichnet. Bilden die Kelchstamina den äusseren Kreis, ist also auch zwischen Blütenhülle und Androeceum regelmässige Alternanz vorhanden, so nennt man die Blüthe hinsichtlich der Ausbildung des Androeceums **diplostemon** (Fig. 82). Sind die Kronstamina die äusseren, so wird die Blüthe als **obdiplostemon** bezeichnet. **Haplostemon** sind Blüten, bei denen nur ein Kreis von Staubblättern vorhanden ist, der ebenso viele Glieder hat als die Kreise der Blütenhülle. Häufig sind mehr als zwei Staubblattkreise in den Blüten vorhanden, oder es treten die Staubblätter in unbestimmter Anzahl in spiraliger Anordnung auf. In anderen Fällen wird die Regelmässigkeit des Blütenbaues dadurch unterbrochen, dass in den Kreisen des Androeceums andere Zahlenverhältnisse vorhanden sind als in der Blütenhülle.



Figur 83.

A Gynostemium von *Vanilla planifolia*. *s* der durch Verwachsung des Androeceums entstandene säulenförmige Theil. *a* Anthere des einzigen fruchtbaren Staubblattes. *st* zwei Staminodien. *g* der obere freie Theil des Gynaeceums. **B** Blüthe einer Crucifere nach Entfernung der Blütenhülle; das Androeceum besteht aus zwei kürzeren und vier längeren Staubblättern. **C** aufgeschnittene Blumenkrone einer Labiate; die Staubblätter sind eine Strecke weit mit der Blumenkrone verwachsen. **D** Innere Blüthentheile von *Erodium cicutarium*. *a* Staubblätter. *st* Staminodien. *g* Gynaeceum (vergrössert).

Die Staubblätter stehen entweder einzeln frei auf dem Blütenboden oder sie sind an ihrer Basis mehr oder minder weit mit einander gruppenweise oder zu einer Röhre verwachsen. In manchen Blüten entspringen die Staubblätter scheinbar nicht direkt aus der Blütenachse, sondern sie sind auf die Blätter der Blütenhülle hinaufgerückt. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass meist auch in solchen Fällen die Staubblätter im ersten Stadium frei neben den Primordien der Blätter der Blütenhülle auf der Oberfläche der Blütenachse hervortreten. Indem aber das Gewebe der Letzteren an der Insertionszone der Staubblätter nachträglich ein intercalares Wachsthum erfährt, wird die Insertion der Staubblätter derart verschoben, dass sie im fertigen Zustande auf den Blütenblättern zu liegen scheint (Fig. 83 C).

Auch Verwachsungen zwischen dem Androeceum und Gynaeceum kommen vor. Besonders charakteristisch treten dieselben in der Familie der Orchideen auf. Dort sind Staubgefäss und Griffel zu einer Säule verschmolzen, welche als Gynostemium bezeichnet wird (Fig. 83A).

Die Grösse der Staubblätter einer Blüthe ist nicht immer die gleiche; in der Familie der Cruciferen sind z. B. vier längere und zwei kürzere Staubblätter vorhanden (Fig. 83B), bei den meisten Labiaten und bei manchen Scrophularineen treffen wir zwei längere und zwei kürzere Staubblätter an (Fig. 83C). Formverschiedenheiten innerhalb desselben Androeceums kommen seltener vor und beruhen meistens darauf, dass einzelne Staubblätter nicht ihre volle Entwicklung erlangen, indem die Anthere fehlschlägt (Fig. 83D). Derartige reduzierte, unfruchtbare Staubblätter werden **Staminodien** genannt. Sie kommen in den verschiedensten Stadien der Reduktion vor und bilden einen allmählich abgestuften Uebergang zu der gänzlichen Unterdrückung einzelner Glieder des Androeceums und endlich zu der Ausbildung rein weiblicher Blüthen, in denen oft kein Rest des Androeceums mehr vorhanden ist.

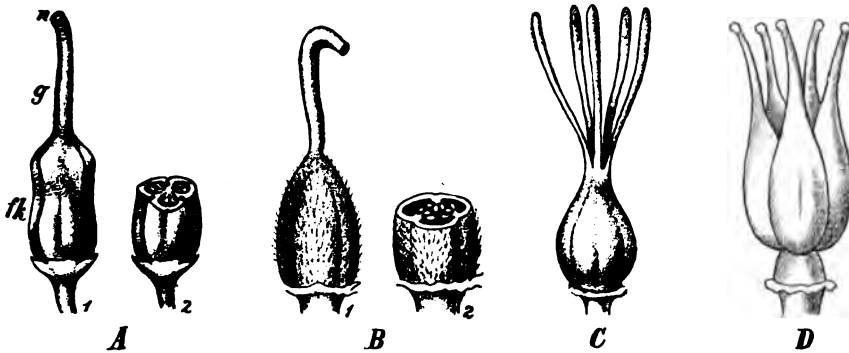
Das Gynaeceum. Das Gynaeceum schliesst die Blüthe ab; die Fruchtblätter sind normaler Weise die letzten seitlichen Organe, welche von dem Vegetationspunkt der Blütenachse ausgegliedert werden. Die Zahl der Fruchtblätter, welche zur Bildung des Gynaeceums zusammen-treten, wechselt bei den verschiedenen Pflanzengruppen innerhalb weiter Grenzen. Häufig ist das Gynaeceum einfruchtig, d. h. es ist nur ein einziger Fruchtknoten vorhanden. Derselbe kann monomer sein oder aus mehreren Fruchtblättern bestehen; in letzterem Falle nennt man das Gynaeceum syncarp. Wenn dagegen bei Vorhandensein mehrerer Fruchtblätter in der Blüthe jedes derselben für sich einen einzelnen Fruchtknoten bildet, so heisst das Gynaeceum apocarp. Die einzelnen Fruchtknoten stehen dann entweder in einem Kreise oder wie bei manchen Ranunculaceen in spiraliger Anordnung.

Der Fruchtknoten ist in allen Fällen ein kapselartiges Gehäuse, in dessen Höhlung die Samenanlagen verborgen sind. Am oberen Theil des Fruchtknotens befindet sich die Narbe. Dieselbe stellt eine Einrichtung zum Auffangen und Festhalten der Pollenkörner dar und besteht meistens aus einem mit zarten Wärzchen bedeckten Gewebepolster mit klebriger Oberfläche. Bisweilen ist der obere Theil der Fruchtblätter zu einem säulenförmigen Gebilde, dem Griffel, ausgewachsen, von welchem die Narbe über den Fruchtknoten emporgehoben und in eine für die Aufnahme des Blütenstaubes günstige Lage gebracht wird. An polymeren Fruchtknoten sind häufig ebensoviel Griffel als Carpelle vorhanden, doch sind auch oft die oberen Theile aller Carpelle zu einem einzigen Griffel verwachsen und Uebergangsstadien mit nur theilweise, mehr oder minder weit verwachsenen Griffeln sind gleichfalls nicht selten (Fig. 84).

Das Innere des Fruchtknotens stellt häufig einen einzigen Hohlraum dar; der Fruchtknoten ist einfacherig. Indem aber die verwachsenen Ränder der Carpelle in den Innenraum vorspringen, wird der Hohlraum gekammert, und wenn die eingeschlagenen Ränder der Carpelle auf ihrer ganzen Länge bis in die Mitte des Hohlraumes vorspringen und dort mit

einander verwachsen sind, so dass der Hohlraum in mehrere völlig getrennte Fächer getheilt wird, so wird der Fruchtknoten mehrfächerig genannt.

Auf den Fruchtblättern stehen im Innern des Fruchtknotens die Samenanlagen. Bisweilen ist nur eine einzige Samenanlage im Fruchtknoten vorhanden; häufig finden sich mehrere, oft ausserordentlich viele. Der Theil der Carpelle, an welchem die Samenanlagen angeheftet sind, wird Placenta genannt. Gewöhnlich bildet der als leistenförmiges Gewebepolster hervortretende Blattrand die Placenta. In den monomeren Fruchtknoten stehen die Samenanlagen meistens an der als Bauchnaht bezeichneten Verwachsungsstelle der Blattränder. Auch in polymeren, einfächerigen Fruchtknoten sind meist die Samenanlagen an der Fruchtknotenwand längs der Verwachsungsnähte angeordnet; man bezeichnet diese Stellung als parietale Placentation. Bisweilen stehen in einfächerigen



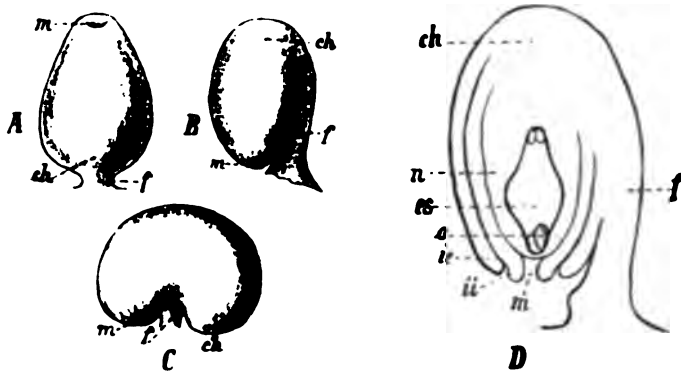
Figur 84.

A 1 syncarpes Gynaeceum von *Urginea maritima*. *fk* der trimere Fruchtknoten. *g* der Griffel. *n* die Narbe. 2 der querdurchschnittene dreifächerige Fruchtknoten mit centralwinkelständiger Placentation. **B** 1 syncarpes Gynaeceum von *Viola odorata* mit trimerem Fruchtknoten. 2 der querdurchschnittene einfächerige Fruchtknoten mit parietaler Placentation. **C** syncarpes Gynaeceum von *Linum usitatissimum* mit pentamerem Fruchtknoten und fünf freien Griffeln. **D** apocarpes Gynaeceum von *Helleborus niger*.

Fruchtknoten die Samenanlagen direkt im Grunde der Höhlung oder auf einer zapfenförmig aus dem Grunde der Fruchtknotenöhle sich frei erhebenden Centralplacenta, so dass der Eindruck erweckt wird, als seien dieselben direkt auf der Blütenachse eingefügt, Wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, handelt es sich indess in diesen Fällen nur um eine theilweise Verwachsung des Gewebes der Fruchtblätter mit der Blütenachse. Die Stellung der Samenanlagen wird in diesen Fällen als centrale Placentation bezeichnet. In den mehrfächerigen Fruchtknoten, in welchen die Ränder der Carpelle bis in die Mitte des Fruchtknotens eingeschlagen und mit einander verwachsen sind, stehen die Samenanlagen auf den randständigen Placenten der Achse des Fruchtknotens genähert; man hat diese Stellung als axile oder centralwinkelständige Placentation bezeichnet. Nur bei wenigen Pflanzen stehen die Samenanlagen statt an den Rändern der Fruchtblätter über die ganze innere Fläche derselben vertheilt.

Der wichtigste Theil der Samenanlage ist der Nucellus mit dem Embryosack. Der Nucellus stellt einen rundlichen Gewebekörper dar; derselbe wird gewöhnlich von zwei enganliegenden Hüllen, den Integumenten umgeben --- seltener ist nur ein Integument vorhanden, welche nur eine kleine Zugangsöffnung zu dem Nucellus, die Mikropyle, frei lassen. Das der Mikropyle gegenüberliegende Ende des Nucellus wird Chalaza genannt.

Die Samenanlage wird durch einen kurzen, als Nabelstrang oder Funiculus bezeichneten Stiel an der Fruchtknotenwand befestigt (Fig. 85). Man unterscheidet drei verschiedene Formen der Samenanlage, zwischen denen es nicht an Uebergängen fehlt: Die gerade oder orthotrope Samenanlage ist am Chalazaende gestielt, die Mikropyle ist von der Anheftungsstelle abgewendet; die umgewendete oder anatrophe Samenanlage ist seitlich am Funiculus angewachsen und so gerichtet, dass die Mikropyle



Figur 85.

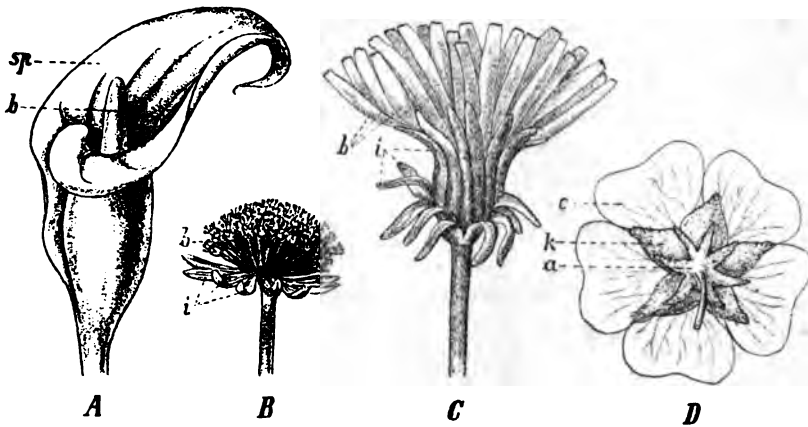
A orthotrope Samenanlage. **B** anatrophe Samenanlage. **C** campylotrope Samenanlage (stark vergrößert). **D** schematischer Längsschnitt einer Samenanlage. *f* Funiculus. *ch* Chalaza. *m* Mikropyle. *ie* äusseres, *ii* inneres Integument. *n* Nucellus. *es* Embryosack. *o* Eizelle.

nach der Insertionsstelle des Stieles gewendet ist; die gekrümmte oder campylotrope Samenanlage ist gebogen und schief am Stiel befestigt, so dass der eigentliche Körper der Samenanlage quer oder schräg zur Richtung des Funiculus liegt. Bezüglich ihrer Lage in dem Fruchtknotenfach werden die Samenanlagen als hängend oder aufrecht bezeichnet, je nachdem sich ihr Körper unter oder über der Anheftungsstelle befindet. Die verschiedenen Formen und Stellungen der Samenanlagen werden in der beschreibenden Botanik häufig mit zur Charakteristik von Pflanzengruppen verwendet.

Die Hochblätter. — Die Deckblätter und die Vorblätter unterscheiden sich meistens durch ihre geringere Grösse von den Laubblättern, in manchen Fällen sind sie zu kleinen Schüppchen reducirt, oft fehlen sie ganzlich. Bisweilen sind die Hochblätter laubblattartig, bisweilen aber ist ihre Form, Farbe und anatomische Beschaffenheit wesentlich verandert. So sind z. B. bei einigen einheimischen Arten des Wachtelweizens,

Melampyrum nemorosum, *arvense* und *cristatum*, ferner bei *Ajuga pyramidalis*, *Salvia Sclarea* u. a. m., die Deckblätter schön blau oder roth gefärbt und verleihen dem Blütenstand ein auffälliges Ansehen, wodurch die honigsammelnden Insekten aufmerksam gemacht und zum Besuch der Blüten angelockt werden. Auch die Spatha, das weisse Blatt unterhalb des Blütenstandes der als Zierpflanze bekannten *Richardia aethiopica*, ist ein solches blumenblattartig ausgebildetes Hochblatt (Fig. 86 A).

Bei den Monocotyledonen ist meistens nur ein einziges Vorblatt vorhanden, welches median nach hinten gestellt (adossirt) ist; bei den Dicotyledonen werden dagegen häufig zwei seitlich gestellte Vorblätter angetroffen. Die Hochblätter sind meist durch ein Internodium der Blütenachse von der Blütenhülle getrennt; nur bei wenigen Pflanzen



Figur 86.

A. Blüthenspross von *Richardia aethiopica* ($\frac{1}{3}$). *sp* die Spatha. *b* der die einzelnen Blüten tragende Kolben (Spadix). B Blüthendolde von *Astrantia major*. *b* Einzelblüthen. *i* das Involucrum. C Blüthenköpfchen von *Taraxacum officinale*. *b* Einzelblüthen. *i* das Involucrum. D Blüthe von *Althaea rosea* von unten gesehen. *a* Aussenkelch. *k* Kelch. *c* Krone.

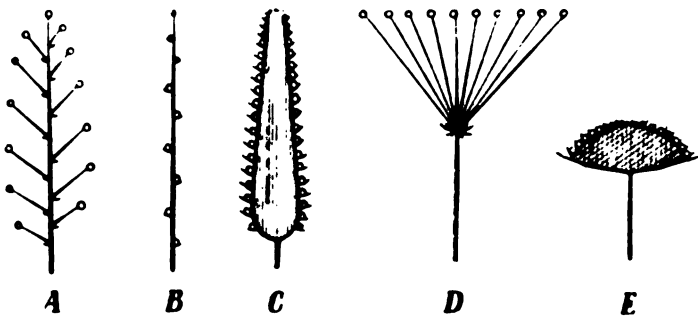
sind dieselben so nahe an die Blüthe herangerückt, dass sie fast als Theile der Blütenhülle erscheinen. Das ist z. B. der Fall bei den drei grünen Hochblättern des Leberblümchens, *Hepatica triloba*; bei den Malvaceen treten die Hochblätter unterhalb des eigentlichen Kelches zu einer verwachsenblättrigen Hülle zusammen, welche als Aussenkelch bezeichnet wird (Fig. 86 D). Bei dem Haselstrauch u. a. m. bilden die Hochblätter schützende Hüllen für die einfach gebauten weiblichen Blüten; nach dem Verblühen derselben betheiligen sie sich an der Fruchtbildung; sie bilden eine becherartige oder schlauchartige Fruchthülle, welche die Früchte mehr oder minder weit umschliesst.

Bei den Compositen sind die Blüten in grösserer Anzahl zu köpfchenförmigen Blütenständen vereinigt; unterhalb jedes Köpfchens ist eine vielblättrige Schutzhülle, das Involucrum, vorhanden; dieselbe

wird ebenfalls aus Hochblättern gebildet (Fig. 86 C). Ebenso findet sich bei den Bluthendolden vieler Umbelliferen ein Involucrum, eine Hülle aus Hochblättern, an der Ursprungsstelle der Doldenstrahlen (Fig. 86 B).

3. Blütenstände.

Die Blüten nehmen, wie schon oben kurz angedeutet wurde, nur selten den Gipfel des Hauptsprosses ein, meist sind sie Seitensprosse. Bei einigen Pflanzen stehen die Blüten einzeln, bei vielen anderen aber sind mehr oder minder complicirte Verzweigungssysteme vorhanden, welche nur Blüten tragen und deshalb von dem vegetativen Theil der Pflanze sich auffällig unterscheiden. Sie werden Blütenstände oder Inflorescenzen genannt. Im Allgemeinen ist die Sprossverkettung in den Blütenständen dieselbe, wie in der vegetativen Region; wir haben also racemöse und cymöse Blütenstände zu unterscheiden und finden unter den letzteren Pleiochasium, Dichasium, Wickel und Fächer, Schraubel und Sichel vertreten. Durch verschiedenartige Ausbildung der Haupt-



Figur 87.

Schemata einfacher racemöser Blütenstände: die Einzelblüthen sind durch kleine Kreise angedeutet. **A** Traube. **B** Achse. **C** Kolben (Längsschnitt, der angeschwollene Theil der Blütenstandsachse ist schraffirt). **D** Dolde. **E** Köpfchen (Längsschnitt, der verbreiterte Theil der Achse ist schraffirt).

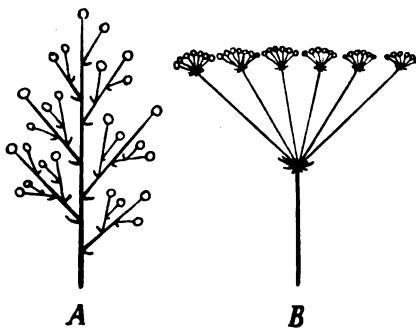
achse und der Seitenachsen bekommen manche racemöse Inflorescenzen ein besonderes typisches Aussehen und sind deshalb mit besonderen Namen bezeichnet. Die wichtigsten derselben sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt und durch die Schemata in Figur 87 erläutert:

- I Die Hauptachse der Inflorescenz ist verlängert.
 1. Die seitlichen Blüten sind mehr oder weniger lang gestielt: die *Traube* (Fig. 87 A).
 2. Die seitlichen Blüten sind ungestielt:
 - a) die Hauptachse (Spindel) ist nicht fleischig: die *Achse* (Fig. 87 B);
 - b) die Spindel ist fleischig verdickt: der *Kolben* (Fig. 87 C).

II. Die Hauptachse der Inflorescenz ist stark verkürzt.

1. Die deutlich gestielten Blüten entspringen scheinbar am Ende der Hauptachse aus einem Punkt: die *Dolde* (Fig. 87D).
2. Die ungestielten Blüten entspringen dichtgedrängt auf der Oberfläche der verbreiterten Hauptachse: das *Köpfchen* (Fig. 87E).

Wenn sich die an der Hauptachse der Inflorescenz entspringenden Seitenachsen noch weiter verzweigen, so entstehen zusammengesetzte Inflorescenzen. Häufiger kommen vor: die zusammengesetzte **Traube** oder **Rispe**, bei welcher die Aeste einer einfachen Traube wieder racemös verzweigt sind (Fig. 88A) und die zusammengesetzte **Dolde**, eine Dolde, deren Strahlen statt mit einer einzelnen Blüte, mit einem Döldchen abschliessen (Fig. 88B).



Figur 88.

A Schema der Rispe.

B Schema der zusammengesetzten Dolde.

4. Frucht und Samen.

Die Frucht. — Nach der Befruchtung der im Embryosack der Samenanlagen enthaltenen Eizelle durch den Pollen gehen die äusseren Blüthentheile, die Blütenhülle und die Staubblätter, in der Regel durch Verwelken zu Grunde. Auch die Griffel und Narben vertrocknen meistens bald, der Fruchtknoten aber entwickelt sich zur Frucht. Man unterscheidet an der Frucht die **Fruchtwand (Pericarp)**, welche die durch Wachstum veränderte Fruchtknotenwand darstellt, und die **Samen**, welche aus den befruchteten Samenanlagen der Blüthe hervorgegangen sind. Je nach der Ausbildung des Pericarps werden die Früchte als Trockenfrüchte oder als saftige Früchte bezeichnet.

An dem Pericarp lassen sich gewöhnlich drei Gewebeschichten unterscheiden: eine äussere, das Exocarp; eine mittlere, das Mesocarp, und eine innere, das Endocarp. Bleibt die Frucht auch bei der Reife der Samen geschlossen, so bezeichnet man dieselbe als Schliessfrucht im Gegensatz zu den Springfrüchten, die sich bei der Reife öffnen, um die Samen zu entlassen.

In Folgendem sind die häufigsten Fruchtformen zusammengestellt.

I. Trockenfrüchte.

A. Schliessfrüchte.

1. Pericarp holz- oder lederartig hart: die *Nuss*.

Beispiel: Die Haselnuss.

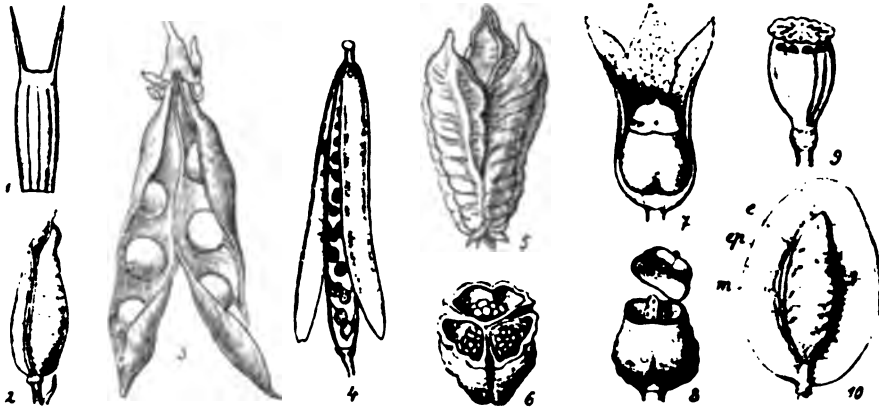
2. Pericarp hautartig, nicht von der Samenschale getrennt: die *Karyopse*.

Beispiel: Die Getreidekörner.

3. Pericarp der aus einem unterständigen Fruchtknoten hervorgegangenen Frucht lederartig, nicht völlig mit dem Samen verwachsen: die *Achäne*. Beispiel: Die Früchte der Compositen (Fig. 89,1).

B Springfrüchte.

1. der Fruchtknoten ist aus einem Fruchtblatt gebildet:
 - a) die Fruchtwand springt bei der Reife längs der Verwachsungsnaht auf: die *Balgfrucht*. Beispiel: Die Frucht des Rittersporn (Fig. 89,2).
 - b) die Fruchtknotenwand trennt sich bei der Reife der Länge nach in zwei Klappen, welche den Längshälften des Carpells entsprechen: die *Hülse*. Beispiel: Die Frucht der Erbse (Fig. 89,3).



Figur 89.

Verschiedene Fruchtformen (meist nach Bischoff).

1 Achäne des Zweizahn. 2 Balgfrucht des Rittersporn. 3 aufgesprungene Hülse der Erbse. 4 aufgesprungene Schote des Goldlack. 5 aufgesprungene Kapsel der Herbstreitlose. 6 dieselbe quer durchgeschnitten, um zu zeigen, dass die Kapsel septucid aufspringt. 7 Deckelkapsel des Bilsenkrautes. 8 dieselbe nach dem Aufspringen. 9 Porenkapsel des Mohn. 10 Steinfrucht des Zwetschenbaumes: das hautartige Epicarp *ep* und das fleischige Mesocarp *m* sind in der vorderen Hälfte fortgeschnitten, so dass das harte Endocarp *e*, welches den Samen einschliesst, sichtbar ist.

2. Der Fruchtknoten besteht aus zwei Fruchtblättern, zwischen denen eine falsche Scheidewand vorhanden ist. Bei der Reife lösen sich die beiden Längshälften des Pericarps von der stehenbleibenden Scheidewand ab: die *Schote*.

Beispiel: Die Frucht des Goldlack *Cheiranthus Cheiri* (Fig. 89,4).

3. Der Fruchtknoten wird von mehreren Fruchtblättern gebildet:
 - a) die Öffnung erfolgt durch Längsrisse, entweder längs der Verwachsungsnahte (septucid) oder in der Mitte zwischen denselben (loculicid): die *Kapsel*. Beispiel: Die Frucht der Herbstreitlose (Fig. 89,5 u. 6).
 - b) die Öffnung erfolgt quer durch Ablösung eines Deckels: die *Deckelkapsel* (Pyxidium). Beispiel: Die Frucht von *Hyoscyamus* (Fig. 89,7 u. 8).
 - c) die Öffnung erfolgt dadurch, dass einzelne scharf umschriebene Löcher in der Fruchtwand entstehen: die *Porenkapsel*.

Beispiel: Die Frucht des Mohn (Fig. 89,9).

II. Saftige Früchte.

1. Unter dem hautartigen Epicarp liegt das fleischig saftige Mesocarp. Das Endocarp ist holzartig hart; gewöhnlich ist nur ein einziger weicher Same vorhanden: die *Steinfrucht*.

Beispiel: Die Zwetsche (Fig. 89, 10).

2. Das Epicarp bildet eine zähe Haut. Das Meso- und Endocarp bilden einen weichen Brei (Pulpa), in welcher die harten Samen meist zu mehreren eingebettet sind: die *Becre*.

Beispiel: Die Stachelbeere.

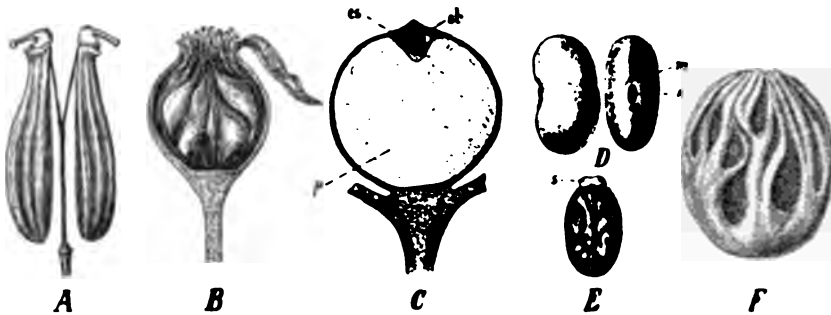
Bei einigen Pflanzen gehen aus dem einzelnen Fruchtknoten durch spätere Zerspaltung mehrere samenhaltige Theile hervor, deren jeder scheinbar eine ganze Frucht bildet. Man bezeichnet in diesem Falle das ganze Gebilde als **Spaltfrucht** und die einzelnen Theile desselben als Theilfrucht oder **Mericarpium**. Für die Letztere werden dann die in der Tabelle angegebenen Bezeichnungen verwendet. Ein Beispiel für die Spaltfrucht bieten die Umbelliferen dar, bei denen der unterständige Fruchtknoten, an dessen Ausbildung zwei Carpelle Theil nehmen, später in zwei Mericarpien sich spaltet, deren jedes eine Achäne darstellt. Man bezeichnet diese Spaltfrüchte deshalb auch wohl als **Doppelachänium** (Fig. 90 A).

Wenn in einer Blüthe mehrere Fruchtknoten vorhanden waren, so gehen aus derselben auch mehrere Früchte hervor; das ganze Gebilde wird als **Syncarpium** bezeichnet. Die Himbeere ist ein solches Syncarpium aus einzelnen Steinfrüchten. Bisweilen nimmt ausser den Fruchtknoten auch noch die Blütenachse an der Ausbildung eines Syncarpiums Theil; es entstehen dann sogenannte **Scheinfrüchte**. Ein Beispiel bietet die Erdbeere. Der essbare Theil derselben wird von der fleischig angeschwollenen Blütenachse gebildet, auf deren Oberfläche die kleinen, harten, nussartigen Einzelfrüchtchen sitzen. Auch die Hagebutte der Rosen ist eine Scheinfrucht. Der rothe oder gelbe, urnenförmig ausgehöhlte Theil der Blütenachse bildet eine fleischige Hülle um die aus den Fruchtknoten hervorgegangenen Einzelfrüchte (Fig. 90 B).

Man darf die Syncarpien, welche aus dem Gynaeceum einer einzigen Blüthe hervorgegangen sind, nicht mit den ebenfalls als Scheinfrüchte bezeichneten Fruchtständen verwechseln, an deren Bildung die Gynaeceen mehrerer Blüten und nebenbei oft noch Theile der Blütenstandsachse theilhaftig sind. Als typisches Beispiel derartiger Fruchtstände können die Maulbeere und die Ananas angeführt werden, bei denen viele Blüten zu einer Aehre vereinigt sind; die Früchte der einzelnen Blüten treten heranwachsend mit einander in Berührung und bilden zusammen die bekannten Scheinfrüchte. Auch die Feige ist eine Scheinfrucht, bei welcher der birnförmige, ausgehöhlte, fleischige Theil der Hauptachse des Blütenstandes eine grosse Anzahl von Einzelfrüchten umschliesst.

Der Same. — Aus der Samenanlage geht nach der Befruchtung der Same hervor. An dem reifen Samen unterscheidet man als wesentliche Theile: den **Embryo**, welcher aus der befruchteten Eizelle entstanden ist; das **Endosperm**, ein nährstoffreiches Gewebe, welches sich aus dem Embryosack entwickelt hat, und die **Samenschale** (Testa), welche von

dem ausserhalb des Embryosackes gelegenen Nucellusgewebe und von den Integumenten gebildet wird. Das Endosperm ist oft im reifen Samen nicht mehr vorhanden. Bisweilen bildet sich statt desselben oder neben demselben ein Theil des ausserhalb des Embryosackes gelegenen Nucellusgewebes zu einem Nährgewebe aus, welches als **Perisperm** bezeichnet wird (Fig. 90 C). Aeusserlich ist an dem aus der Frucht entlassenen Samen leicht die Stelle zu erkennen, wo sich der Nabelstrang abgelöst hat; sie wird **Nabel** oder **Hilus** genannt. Auch die nunmehr als **Samenmund** bezeichnete Mikropyle tritt meist noch deutlich hervor (Fig. 90 D). Durch nachträgliches Wachsthum des Nabelstranges oder der ihm benachbarten Gewebepartien der Samenanlage entstehen an manchen Samen charakteristische Anhangsgebilde, die als **Samenschwiele** (Carunkel), oder wenn sie einen grösseren Theil des Samens mantelförmig umhüllen, als **Samenmantel** (Arillus) bezeichnet werden (Fig. 90 E u. F).



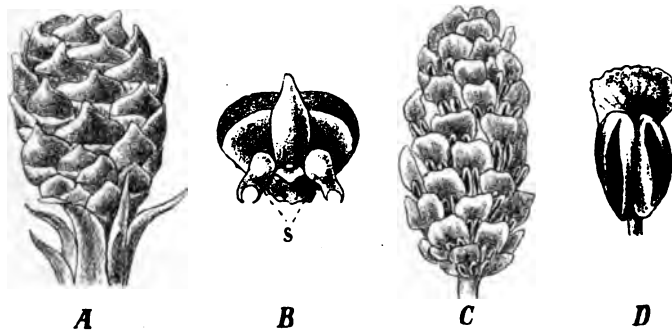
Figur 90.

A Doppelachänium von *Carum Carvi* ($\frac{1}{1}$). **B** Längsschnitt der Hagebutte. **C** Längsschnitt des Samens von *Piper Cubeba*. *ab* Embryo, *es* Endosperm, *p* Perisperm. **D** Samen der Bohne von der Seite und von vorne. *mu* Samenmund, *n* Nabel. **E** Same von *Ricinus communis*. *s* Samenschwiele (Caruncula). **F** Same von *Myristica*, welcher von einem zerschlitzten Samenmantel (Arillus) umhüllt ist.

Verbreitungsausrüstung. — An den Früchten und Samen der Pflanzen finden sich oft Einrichtungen, welche die Ausstreuung oder Verbreitung der reifen Samen bewirken. Manche Springfrüchte schleudern beim Aufspringen die Samen mehrere Meter weit fort. Der Transport der Samen über weitere Strecken wird durch gewisse Verbreitungsagentien, durch Wind, Wasser oder Thiere vermittelt. Als besondere Ausrüstung zur Verbreitung durch den Wind besitzen manche Früchte und Samen hautartige Flügel, Haarschöpfe oder Federkronen. Zur Verbreitung durch das Wasser sind die Früchte oder Samen mancher Uferpflanzen durch besondere Schwimmvorrichtungen befähigt. Die Verbreitung durch Thiere geschieht entweder dadurch, dass die Früchte oder Samen sich vermittelst hakenförmiger Anhängsel an dem Haar- oder Federkleid der Thiere festhängen, oder es sind an der Umhüllung des Samens geniessbare Theile vorhanden, um deren Willen die Thiere die Samen aufsuchen und fortzuschleppen. Im letzteren Falle müssen natürlich die Samen selber ungeniessbar oder durch eine harte Hülle gegen die Einwirkung der Ver-

dauung geschützt sein. Die geniessbare Umhüllung des Samens, die Fruchtwand oder eventuell der Arillus, besitzt meist eine auffällige Färbung und erregt dadurch die Aufmerksamkeit der die Verbreitung vermittelnden Thiere.

Die biologische Bedeutung der Verbreitungs-ausrüstungen an Früchten und Samen ist leicht verständlich. Wenn alle Samen einer Pflanze neben dem Stamm der Mutterpflanze zur Keimung gelangten, so würden die Keimpflanzen sehr ungünstige Entwicklungsbedingungen finden. Einmal sind dem Boden an jener Stelle durch das Wachstum der Mutterpflanze schon Nährstoffe entzogen worden; sodann müssten die vielen neben einander aufgehenden Geschwisterpflanzen, welche sich anfänglich gleichmässig entwickeln würden, sich später den Raum, das Licht und die Nährstoffe des Bodens streitig machen. Alle würden gleichmässig unter diesem Kampf um's Dasein zu leiden haben; nur selten würde eine zur normalen, kräftigen Entwicklung gelangen. Ein weiterer Nachtheil würde



Figur 91.

A weibliche Blüthe von *Pinus silvestris*. **B** ein einzelnes Fruchtblatt derselben mit zwei Samenanlagen *s*. **C** männliche Blüthe von *Picea excelsa*. **D** ein einzelnes Staubblatt derselben mit zwei aufgesprungenen Pollensäcken (nach Beissner).

endlich darin bestehen, dass bei den gedrängt neben einander wachsenden Geschwisterpflanzen die Befruchtung der Samenanlagen stets durch den Pollen eines nahe verwandten Individuums erfolgen müsste, wodurch im Laufe der Entwicklung eine Degeneration, eine Schwächung der Existenzfähigkeit der Art zu Stande kommen kann.

5. Die Blüthe der Gymnospermen.

Zu den gymnospermen Samenpflanzen gehören die Cycadeen, die Coniferen und die kleine Gruppe der Gnetaceen. Der wesentlichste Unterschied ihrer Blüthen von den angiospermen Blüthen liegt darin, dass die Samenanlagen bei ihnen nicht in einen Fruchtknoten eingeschlossen sind, sondern frei an der Oberfläche der Sporophylle stehen. Aber auch im Uebrigen sind die Blüthen der Gymnospermen sehr abweichend gebaut. Nur bei den Cycadeen nimmt die Blüthe den Gipfel des Hauptsprosses

ein; meist sind es Seitensprosse höherer Ordnung, die sich zu Blüten ausbilden. Die Blüten sind eingeschlechtig; männliche und weibliche Blüten sind bei vielen Arten auf derselben Pflanze vorhanden, bei anderen sind sie auf verschiedene Pflanzen vertheilt. Die Blütenachse ist meist verlängert und trägt die Sporophylle oft in grosser Zahl in spiraliger Anordnung oder in alternirenden Quirlen, so dass die gesamte Blüthe ein zapfenartiges Ansehen gewinnt (Fig. 91). Eine Bluthenhülle ist bei den Cycadeen und Coniferen nicht vorhanden. Die Gnetaceen dagegen besitzen eine Art Perigon aus zarteren Blättern.



Figur 92 A.
Fruchtblatt von *Cycas*
circinalis mit vier
Samenanlagen s.

Die Sporophylle der männlichen Blüten, die Staubblätter, sind gewöhnlich schuppenförmig oder schildförmig und tragen auf der Unterseite meist zahlreiche Pollensäcke (Fig. 92 B). Die Sporophylle der weiblichen Blüten, die Fruchtblätter, sind bei *Cycas* den Laubblättern sehr ähnlich (Fig. 92 A); bei den meisten übrigen Gymnospermen sind sie schuppenartig und tragen auf ihrer Oberseite bisweilen an eigenthümlicher Placenta eine oder mehrere Samenanlagen (Fig. 91 B). Die Fruchtblätter sind stets unter sich frei; nach der Befruchtung wachsen dieselben bei vielen Arten mächtig heran und schliessen, indem sie dicht aneinander rücken, den reifenden Samen ein. Die Samenanlagen sind fast immer gerade und besitzen meist nur ein einziges Integument. In dem Embryosack, welcher früh mit Nährgewebe, Endosperm, erfüllt wird, sind an dem der Mikropyle zugekehrten Ende Eizellen in mehr



Figur 92 B.
Staubblatt von einer *Macrozamia*. Auf der Unterseite stehen zahlreiche Pollensäcke.

oder minder grosser Anzahl vorhanden. Im reifen, endospermreichen Samen liegt ein in Stamm, Blätter und Wurzel gegliederter, gerader Embryo.

B. Anatomie.

Erstes Kapitel. Die Zellenlehre.

1. Der Begriff der Zelle.

Die Energide, das organische Grundelement des Pflanzenkörpers. — Die Grundsubstanz des lebenden Pflanzenkörpers und zugleich der Träger des pflanzlichen Lebens ist das Protoplasma. Im Wesentlichen haben wir uns dasselbe als eine feinkörnige, schleimigflüssige Masse vorzustellen, in welcher einzelne, bestimmt geformte Gebilde, die Zellkerne mit den Centalkörperchen und die Chromatophoren, vertheilt sind. Die Zellkerne stellen in gewissem Sinne die Centralstelle für die Lebensverrichtungen in dem sie zunächst umgebenden, flüssigen Protoplasma dar; sie bilden mit dem Letzteren ein einheitliches Ganzes, eine mit gewissen Kräften ausgestattete Lebensinheit im Organismus, welche von Sachs treffend als **Energide** bezeichnet worden ist. Als organisches Grundelement des Pflanzenleibes haben wir also die Energide anzusehen, d. h. einen Zellkern mit der von ihm beeinflussten Portion flüssigen Protoplasmas.

Die Zahl der Energiden, welche den Pflanzenkörper zusammensetzen, ist ausserordentlich wechselnd. Während manche Organismen aus einer einzigen Energide gebildet werden, finden wir bei höheren Pflanzen im Zustande grösster Entfaltung viele Tausende oder Millionen von Energiden im einzelnen Individuum vor.

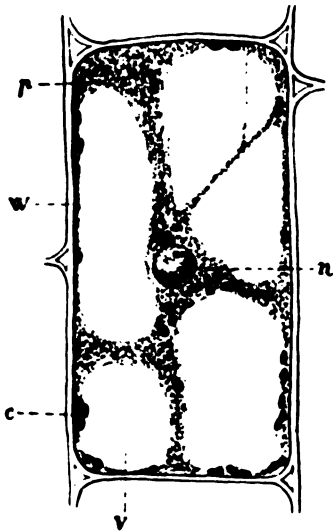
Die Zelle, das formale Grundelement des Pflanzenkörpers. — In der Regel sind die einzelnen Energiden oder je mehrere derselben zusammen in eine feste Hülle eingeschlossen, so dass also der ganze Pflanzenkörper aus vielen kleinen Kammern zusammengesetzt erscheint, die je eine oder mehrere Energiden beherbergen. Diese Kammern mit-samt ihrem Inhalt werden als **Zellen** bezeichnet; die feste Wand derselben heisst die Zellwand.

Nur in seltenen Fällen, bei einigen niederen Pflanzen ist der Protoplasmaleib völlig nackt; man nennt derartige Gewächse nichtcelluläre Pflanzen im Gegensatz zu den aus Zellen gebauten, cellulären Pflanzen.

Da bei den Letzteren die einzelnen Energiden durch die Zellwände hindurch mit einander in Verbindung stehen, so ist ein wesentlicher Unterschied zwischen den cellulären und den nichtcellulären Pflanzen nicht vorhanden

Indem wir die nichtcellulären Pflanzen als Ausnahmen von der Regel gesondert betrachten, können wir im Allgemeinen die Zelle als das formale, morphologische Grundelement des Pflanzenkörpers bezeichnen.

Die Bestandtheile der Zelle. — An der Zelle können wir nach dem Vorstehenden den **Zellinhalt** und die **Zellwand** unterscheiden. Wichtigster Inhaltsbestandtheil ist das **Protoplasma**, in dem als scharf-



Figur 93.

Zelle aus dem Stamm einer Wasserpflanze. w Zellwand, p Protoplasma, n Zellkern, c Chromatophoren, v Vakuole.

umgrenzte Gebilde **Zellkern** und **Chromatophoren** hervortreten. Als Ausscheidungsprodukt der Letzteren ist die in vielen Zellen sich findende **Stärke** anzusehen. In jugendlichen Zellen füllt das Protoplasma den ganzen, von der Zellwand umschlossenen Hohlraum aus; später treten in demselben mit wässerigem Zellsaft gefüllte Blasen auf, welche als **Vakuolen** bezeichnet werden. Die in der Vakuolenflüssigkeit gelösten Substanzen sind zum Theil Excrete, d. h. Stoffe, welche bei dem Stoffwechsel der Pflanze abgeschieden wurden und nicht mehr zur Verwendung kommen. Zum Theil aber enthalten die Vakuolen Nährstoffe, welche nur zeitweilig in der Zelle abgelagert wurden, um später beim Ausbau des Pflanzenkörpers Verwendung zu finden. Als ein Umwandlungsprodukt gewisser Vakuolen sind die **Aleuron-Körner** anzusehen, welche sich als Reservestoff bei vielen Pflanzen in bestimmten Zellen vorfinden. Ausser den genannten Zellinhaltskörpern kommen noch häufig in den Pflanzenzellen krystallinische Ablagerungen vor.

2. Der Zellinhalt.

Das Protoplasma. — Das Protoplasma der Pflanzen, kurz auch Plasma genannt, besteht wie dasjenige des Thierleibes zum grössten Theil aus Eiweissstoffen und Wasser. Ueber den ausserst complicirten, molecularen Bau des lebenden Protoplasmas ist zur Zeit sehr wenig Sicheres bekannt; ebenso herrschen bezüglich der organischen Struktur der Substanz und ihrer einzelnen Theile viele Zweifel. Man kann in der zähflüssigen Plasmamasse einen körnchenreichen, inneren Theil, das **Körnchenplasma**, und eine wasserhelle Schicht, das **Wandplasma**, unterscheiden, welches Letzteres den Protoplasmakörper sowohl gegen die Zellwände hin als auch

gegen die Vakuolen abgrenzt. Schon dieser Umstand lässt erkennen, dass das lebende Protoplasma nicht einfach als eine schleimigflüssige Lösung der in ihm enthaltenen chemischen Substanzen angesehen werden darf, sondern dass demselben eine hochorganisirte Molecularstruktur eigen thümlich ist.

Da das Protoplasma der Träger aller Lebenserscheinungen ist, so müssen sich in demselben fortgesetzt complicirte chemische und physikalische Vorgänge abspielen, die sich grösstentheils der direkten Beobachtung entziehen.

Unter den direkt sichtbaren Lebensäusserungen der Substanz ist die als **Protoplasmaströmung** bezeichnete Bewegungserscheinung am auffälligsten. An günstigen Objecten, wie sie die Zellen mancher Wasserpflanzen darbieten, lässt sich eine Verschiebung der einzelnen Plasmatheile gegeneinander und eine Aenderung ihrer Lage zur Zellwand direkt beobachten. Man unterscheidet bei der Protoplasmaströmung im Zellinnern verschiedene Bewegungsformen. Wenn das der Zellwand angelagerte Protoplasma in einer Richtung den von einer grossen Vakuole eingenommenen Innenraum der Zelle umströmt, so wird die Bewegung als **Rotation** bezeichnet. Häufig erfolgt die Strömung in dem der Zellwand angelagerten Protoplasma sowohl als in Plasmasträngen, welche das Zellinnere durchziehen in allen möglichen, oft in direkt entgegengesetzten Richtungen. Man nennt diese Form der Bewegung **Circulation**. Die Springbrunnenbewegung, bei welcher das Protoplasma in einem die Zelle der Länge nach durchziehender Strang aufwärts steigt, um längs der Wände zurückzufließen, und die Glitschbewegung, bei welcher ein einfaches Vor- und Rückwärtsgleiten der Theilchen im wandständigen Protoplasma stattfindet, sind seltener vorkommende Formen der Protoplasmaströmung.

Bei den nackten Plasmakörpern der nichtcellulären Pflanzen kommt neben der Protoplasmaströmung eine Ortsbewegung des ganzen Organismus zu Stande, welche als amöboide Plasmabewegung gekennzeichnet wird.

Eine sehr auffällige Eigenschaft des lebenden Protoplasmas ist die **Reizbarkeit**, d. h. die Fähigkeit auf äussere Einwirkungen in besonderer Weise durch innere Veränderungen zu reagiren, welche nicht direkt als eine physikalische oder chemische Fortwirkung des äusseren Anreizes angesehen werden können. Die eingehendere Betrachtung der Reizbarkeit gehört in die Physiologie. In demselben Abschnitt werden auch die auffälligen **osmotischen Eigenschaften** des lebenden Protoplasmas zu erörtern sein.

Der Zellkern. — Der Zellkern ist ein bestimmt geformtes Protoplasmaegebilde, welches durch eine derbere Hautschicht, die **Kernmembran**, gegen das umgebende flüssige Protoplasma abgegrenzt ist. Im Innern des Kerns befindet sich in einer dem Protoplasma ähnlichen Grundsubstanz ein Gerüstwerk aus gegliederten Strängen, welches kurz **Kerngerüst** genannt wird, und ein oder mehrere stark lichtbrechende Körnchen, die man als **Kernkörperchen** oder Nukleolen bezeichnet. Die Fäden des Kerngerüsts enthalten zahlreiche Körnchen von einer den Eiweissstoffen nahestehenden Verbindung, welche Nuclein genannt wird. Sie haben im todtten Zustande die Eigenschaft, gewisse Farbstoffe begierig aufzunehmen

und zu speichern, weshalb man sie als die chromatischen Elemente des Kerns bezeichnet.

Die Zellkerne vermehren sich durch Theilung; eine Neubildung von Zellkernen aus dem Protoplasma findet nicht statt, so dass also alle Kerne einer Pflanze aus dem einen Kern hervorgegangen sind, welcher nach der Befruchtung in der Eizelle vorhanden war.

Bei der Kerntheilung (Fig. 94) sind zwei in der unmittelbaren Nachbarschaft des Kernes liegende, wahrscheinlich dem Protoplasma angehörende



Figur 94.

Pollenmutterzellen von *Lilium Martagon* mit verschiedenen Kerntheilungsstadien.

A kurz vor Beginn der Kerntheilung. **B** späteres Stadium; die Centralkörper sind auseinandergerückt. **C** Spindel mit Kernplatte. **D** die Theilhälften der Kernsegmente rücken auseinander, die Centralkörper haben sich getheilt. **E** die Fadenenden sammeln sich an den beiden Spindelpolen an. **F** die Tochterkerne haben sich abgerundet und sind mit einer neuen Kernmembran umgeben (nach Guignard).

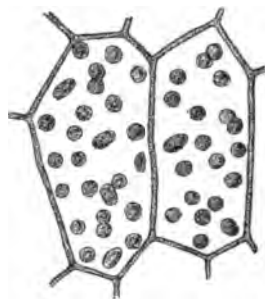
Gebilde, die **Centralkörper** oder **Centrosomen**, aktiv betheilt. Dieselben stellen eine kugelige Anhäufung kleinster Körnchen dar. Sie sind von einem helleren Hofe, der Attractionssphäre, umgeben, um welchen herum wenigstens zeitweilig das Protoplasma eine strahlige Anordnung seiner kleinsten, sichtbaren Theile zeigt. Die Centralkörper liegen am ruhenden Kern dicht neben einander an derselben Seite des Umfanges. Sie leiten den Theilungsvorgang dadurch ein, dass sie nach zwei entgegengesetzten Punkten des Kernumfanges hinwandern. Während nun im Kern die Nukleolen verschwinden, wandelt sich das Kerngerüst in

einen lockeren Knäuel um, welches im Gegensatz zu dem Gerüst im ruhenden Kerne aus gleichmässigen, glattcontourirten Fadenschleifen, den Kernsegmenten, besteht. Die Fadenschleifen spalten sich im weiteren Verlauf der Theilung in zwei Tochtersegmente. Ungefähr in diesem Stadium verschwindet die Kernmembran; von den Centrosomen aus verlaufen strahlig angeordnete Plasmafäden nach dem Kerninnern, so dass eine spindelförmige oder cylindrische Figur entsteht, welche als **Kernspindel** bezeichnet wird. Die Segmente ordnen sich bald in der Aequatorialebene der Spindel an, sie bilden die **Kernplatte**, wobei sie paarweise, wie sie durch die Spaltung aus den ursprünglichen Fadenschleifen hervorgegangen sind, neben einander liegen. In dem folgenden Stadium rücken die Segmente auseinander, nach den Polen der Spindel hin und zwar in der Weise, dass von jedem Paar ein Theil zu dem einen Pol, der andere zum andern Pol hinwandert. Während die Fadenstücke in der Nähe der Spindelpole zu Knäueln zusammenrücken, bildet sich um jede der beiden Gruppen eine neue Kernmembran. Inzwischen haben auch die an den Spindelpolen liegenden Centrosomen sich getheilt. Endlich bilden die Fäden in den neuentstandenen Kernen sich wieder zu einem dichten Knäuel um und es tritt wieder ein Nukleolus auf oder deren mehrere und die beiden Zellkerne zeigen dieselbe Beschaffenheit, welche der Mutterkern im Zustand der Ruhe besass.

Der soeben geschilderte Theilungsvorgang wird als **Karyokinese** oder **mitotische Kerntheilung** bezeichnet; neben derselben ist im Pflanzenreich in ganz vereinzelt Fällen eine direkte, **amitotische** Kerntheilung beobachtet worden, bei welcher der sich theilende Kern durch Einschnürung in der Mitte direkt in zwei Theile zerfällt.

Die Chromatophoren. — Als Chromatophoren bezeichnet man eine Reihe bestimmt geformter, individualisirter Gebilde in der Zelle, welche aus einer mit dem Protoplasma nahe verwandten Substanz bestehen. Sie sind häufig die Träger bestimmter Farbstoffe und haben insofern für die Lebenserscheinungen der Pflanzen eine hohe Bedeutung, als sich in ihnen der Prozess der Stärkebildung abspielt. Im Hinblick auf diese Funktion werden die Chromatophoren wohl auch als Stärkebildner bezeichnet. Man unterscheidet unter den Chromatophoren die Chlorophyllkörper, die Leukoplasten und die Chromoplasten.

Die Chlorophyllkörper sind durch den als Blattgrün oder Chlorophyll bezeichneten Farbstoff grün gefärbt und finden sich meistens sehr zahlreich in allen Zellen grüner Pflanzentheile. Schon der Umstand,



A



B

Figur 95.

A zwei Zellen mit Chlorophyllkörpern, aus einem Moosblatt.
B aufeinanderfolgende Theilungsstadien eines scheibenförmigen Chlorophyllkörpers.

dass das Blattgrün die Grundfarbe aller Vegetation ist, lässt auf die hohe Bedeutung schliessen, welche den Chlorophyllkörpern, den Trägern dieses allgemein verbreiteten Farbstoffes im Leben der Pflanzen zukommt. Sie stellen die Elementarorgane dar, in denen sich unter der Einwirkung des Lichtes die Assimilation, die Bildung organischer Substanz aus anorganischen Stoffen vollzieht. Das erste sichtbare Produkt des Vorganges ist die Stärke.

Die Form der Chlorophyllkörper ist meistens kugelig oder scheibenförmig (Fig. 95A); bei niederen Pflanzen, besonders bei den Algen kommen auch band-, platten- oder sternförmige oder sonstwie abweichend geformte Chlorophyllkörper vor. Die Körperform ist übrigens bei den Chlorophyllkörpern nicht konstant, sondern es können innerhalb gewisser Grenzen aktive Gestaltveränderungen an den Körpern stattfinden, worauf wir in dem Abschnitt über die Physiologie noch einmal zurückzukommen haben. Die Chlorophyllkörper vermehren sich durch direkte Theilung, indem sie sich

durch Wachsthum vergrössern, in der Mitte einschnüren und endlich in zwei gleiche Theile zerfallen, deren jeder die ursprüngliche Form annimmt (Fig. 95B).

In den jugendlichen Pflanzentheilen ist der grüne Farbstoff noch nicht in den Chlorophyllkörpern vorhanden; derselbe bildet sich im Gange der Entwicklung meist unter dem Einfluss des Lichtes aus.

Die chemische Natur des Chlorophyllfarbstoffes ist noch nicht genügend aufgeklärt. Der Farbstoff lässt sich durch Alkohol aus den Chlorophyllkörpern extrahiren. Die erhaltene Lösung zeigt deutliche Fluorescenz; sie ist grün im durchfallenden Licht, im auffallenden erscheint sie blutroth. In alternden Pflanzentheilen wird das Chlorophyll und der protoplasmatische Farbstoffträger meistens verändert und zerstört, eine Erscheinung, auf welcher z. B. die Herbstfärbung des Laubes und das Gelbwerden des reifenden Getreides beruht.



Figur 96

Zelle aus dem Fruchtfleisch von *Solanum* mit spindelförmigen, orangerothen Chromoplasten.
" Zellkern

Die nicht ergrünten Farbstoffträger in den jugendlichen Pflanzentheilen werden **Leucoplasten** genannt. Es kommen aber auch in älteren Pflanzentheilen Leucoplasten vor. Sie stimmen in der Form mit den Chlorophyllkörpern überein und bilden wie diese Stärke in ihrem Innern aus. Die Stärke ist indess hier nicht das direkte Produkt des Leucoplasten, sondern es ist die von den chlorophyllhaltigen Zellen eingewanderte Assimilationsstärke, welche in den Leucoplasten in Form grosserer Körner ausgeschieden wird. Es handelt sich dabei um eine vorläufige Speicherung der durch die Assimilation gewonnenen Stärke; später wird der Vorrath zum Aufbau des Pflanzenkörpers aufgebraucht. Man bezeichnet deshalb die von den Leucoplasten ausgeschiedenen Stärkekörner als Reservestärke.

Die Chromoplasten sind Farbstoffträger, welche eine andere als grüne Färbung besitzen. Sie entstehen durch Umwandlung aus Leucoplasten oder aus Chlorophyllkörpern und finden sich vorwiegend in den Kronblättern der Blüten und in farbigen Früchten, gelegentlich aber

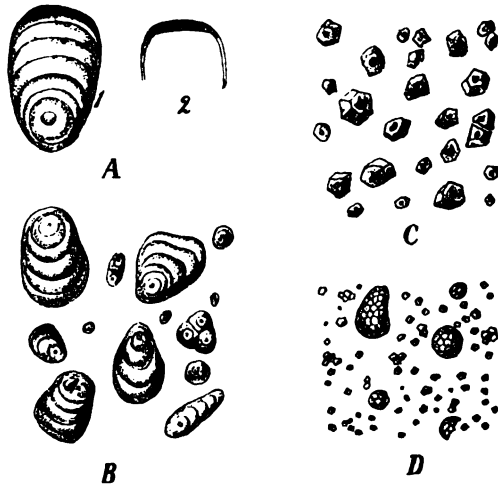
auch in anderen Pflanzentheilen. Indess sind nicht alle bunten Farben der Blüten und Früchte auf Chromoplasten zurückzuführen, häufig kommen auch Farbstoffe im Zellsaft gelöst vor. Die Chromoplasten haben vorwiegend gelbe und gelbrothe Farbe. Ihre Form ist entweder scheibenförmig rundlich, wie die der Chlorophyllkörper, oder sie sind mehr tafelförmig eckig oder sonstwie unregelmässig gestaltet (Fig. 96).

Die Stärke. — Die in den Chlorophyllkörpern ausgebildete Assimilationsstärke ist meistens nur in der Form kleiner, unregelmässiger Körnchen vorhanden. Sie wird bald wieder aufgelöst und zu den Stellen des Verbrauches fortgeführt, oder sie wandert in chlorophylllose Zellen, um dort von den Stärkebildnern als Reservestärke zeitweilig abgelagert zu werden. Die Substanz des Stärkekornes, das Amylum, ist ein Kohlehydrat von der Formel $C_6 H_{10} O_5$, welches sich mit Jod blau färbt. Die spätere Lösung desselben in der Zelle erfolgt durch Fermente vom Protoplasma aus.

Die Körner der Reservestärke erreichen oft eine beträchtliche Grösse. Häufig wird in jedem Stärkebildner nur ein einziges Stärkekorn ausgebildet. Dasselbe wächst, indem an seiner Oberfläche von dem Stärkebildner immer neue Schichten ausgebildet werden, oft so mächtig heran, dass der Körper des Stärkebildners gänzlich deformirt wird und endlich nur noch wie ein dünner Ueberzug das Korn umgiebt (Fig. 97 A).

Gewöhnlich sind die Stärkekörner rundlich, nur wo dieselben in sehr grosser Anzahl in einer Zelle vorhanden sind, wie in den Zellen des Maiskorns, da werden sie durch gegenseitigen Druck abgeplattet und stellen unregelmässig viel- flächige Körper dar (Fig. 97).

An manchen Stärkekörnern lässt sich eine deutliche Schichtung erkennen, welche dadurch zu Stande kommt, dass abwechselnd weichere und dichtere Schichten über einander gelagert sind. Das Schichtencentrum wird als Kern des Stärkekorns bezeichnet. Manche Körner sind aus ringsherum gleich dicken, concentrischen Schichten aufgebaut. Andere dagegen sind excentrisch geschichtet. Es beruht das darauf, dass die Hauptmasse des durch das heranwachsende Stärkekorn auseinander- gedrängten Stärkebildners sich an der einen Seite des Kornes anhäuft,



Figur 97.

A 1 Stärkekorn von Pellionia mit aufsitzendem Stärkebildner, 2 Theil eines Stärkebildners nach Entfernung des Stärkekorns. **B** Stärkekörner aus der Kartoffelknolle. **C** Maisstärke, die Körner sind durch gegenseitigen Druck eckig geworden. **D** Haferstärke, neben einzelnen grösseren zusammengesetzten Stärkekörnern liegen viele eckige Theilkörner (^{150/1}).

so dass dort die Produktion der Substanz eine reichlichere ist, als an den anderen Stellen des Umfangs. Indem in einem Stärkebildner mehrere Stärkekörner gleichzeitig angelegt werden, kommen zusammengesetzte Stärkekörner zu Stande. Die Theilkörner sind durch den gegenseitigen Druck abgeplattet. Es kommt bisweilen vor, dass ursprünglich getrennte Anlagen von Stärkekörnern innerhalb eines Stärkebildner nachträglich noch von gemeinschaftlichen Stärkeschichten umhüllt werden, so dass mehrkernige Körner entstehen.

Die Vakuolen. — Als Vakuolen bezeichnet man Hohlräume im Protoplasma, welche mit wässriger Flüssigkeit, dem Zellsaft, erfüllt sind. In den jugendlichen Zellen sind keine Vakuolen vorhanden. Dieselben entstehen erst nachträglich, indem sich im Innern des Protoplasmas Tropfen von Zellsaft ausbilden, welche durch fortgesetzte Ausscheidungen des Protoplasmas sich vergrössern und endlich oft fast den ganzen Innenraum der Zelle ausfüllen, während das Protoplasma nur noch einen dünnen Ueberzug der Zellwand bildet.



Figur 98.

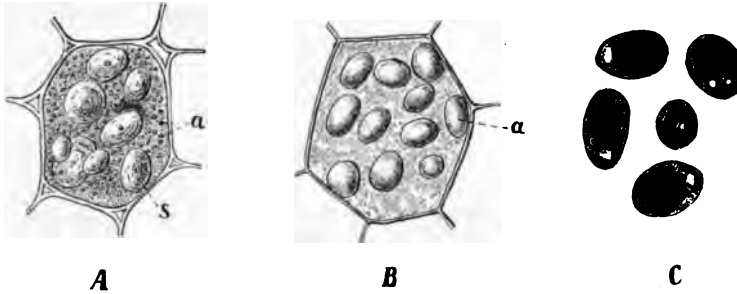
Zelle aus der Knolle von *Dahlia variabilis*, in welcher sich nach längerem Liegen in Alkohol Sphärokrystalle von Inulin ausgeschieden haben.

In dem Zellsaft der Vakuolen können sehr verschiedenartige Substanzen in Lösung vorhanden sein. Zum Theil sind es Excrete, welche im Stoffwechsel der Pflanze keine Rolle mehr spielen; zum Theil sind es Reservestoffe, welche nur zeitweilig in der Zelle abgelagert sind. Eine Reihe von organischen und anorganischen Salzen sind im Zellsaft nachgewiesen worden, über deren Bedeutung für das Leben der Pflanze noch viele Zweifel bestehen. Sehr häufig kommen Gerbstoffe als Vakuoleninhalt vor, die als unbrauchbare Nebenprodukte beim Stoffwechsel der Pflanze anzusehen sind, welche aber insofern noch eine Bedeutung für die Pflanzentheile haben, als sie dieselben gegen das Abgefressenwerden durch Thiereschützen.

Die Farbstoffe, welche sich im Zellsaft mancher Oberflächenzellen finden, haben gleichfalls nur eine biologische Bedeutung. Sie verursachen die auffällige Färbung vieler Blüten und Früchte, welche die Aufmerksamkeit der die Pollenübertragung respektive die Samenverbreitung vermittelnden Thiere erregt. Auch in den Blattzellen der rothblättrigen Varietäten einiger Laubbäume, der Blutbuche, des Bluthasel u. a. m. ist gefärbter Zellsaft vorhanden. Nicht selten sind in den Vakuolen Pflanzensäuren vorhanden: Apfelsäure, Citronensäure u. a. m.

Als Reservestoffe sind die Zuckerarten anzusehen, welche im Zellsaft vieler Pflanzen vorkommen; ferner das Inulin, welches sich z. B. in den Zellen mancher Compositen in Menge findet und bei Behandlung mit Alkohol in Form von Sphärokrystallen ausgeschieden wird (Fig. 98). Eiweissstoffe finden sich häufig im Zellsaft vor. In reifenden Samen

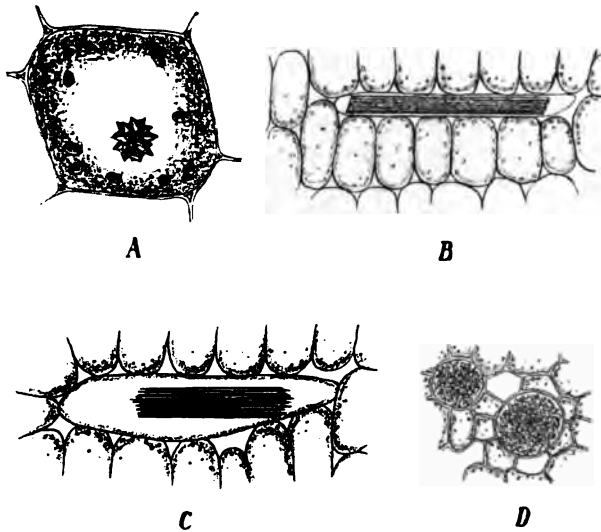
mancher Oberflächenzellen finden, haben gleichfalls nur eine biologische Bedeutung. Sie verursachen die auffällige Färbung vieler Blüten und Früchte, welche die Aufmerksamkeit der die Pollenübertragung respektive die Samenverbreitung vermittelnden Thiere erregt. Auch in den Blattzellen der rothblättrigen Varietäten einiger Laubbäume, der Blutbuche, des Bluthasel u. a. m. ist gefärbter Zellsaft vorhanden. Nicht selten sind in den Vakuolen Pflanzensäuren vorhanden: Apfelsäure, Citronensäure u. a. m.



Figur 99.

A Zelle aus dem Cotyledon der Erbse. *s* Stärke, *a* Aleuron. **B** Zelle aus dem Endosperm von *Ricinus*. *a* Aleuron. **C** einzelne Aleuronkörner aus dem Endosperm von *Ricinus* nach Behandlung mit Jodjodkalium. In der Grundsubstanz des Kornes sind ein Krystalloid und ein Globoid erkennbar.

mancher Pflanzen werden die eiweissreichen Vakuolen durch Wasserentziehung zu festen Körpern verdichtet, welche man als **Aleuronkörner** bezeichnet. Dieselben sind meist sehr kleine, rundliche Körnchen, nur in wenigen Fällen, wie im Endosperm des Samens von *Ricinus*, erreichen sie eine beträchtliche Grösse (Fig. 99); man kann in diesem Falle bisweilen bestimmt geformte Einschlüsse in dem Aleuronkorn erkennen; ein Krystalloid einer Eiweisssubstanz und rundliche, amorphe Körper, die Globoide,



Figur 100.

A Zelle aus dem Blattstiel von *Begonia* mit einer Druse von oxalsaurem Kalk. **B** Zellen aus dem Blatt von *Agave americana*; in der einen langgestreckten Zelle ist ein stabförmiger Einzelkrystall von oxalsaurem Kalk eingeschlossen. **C** Zelle aus dem Blatt von *Agave americana* mit Raphidenbündel. **D** Zellgruppe aus dem Blatt von *Atropa Belladonna*; zwei Zellen sind mit Krystallsand erfüllt.

welche neben organischer Substanz Phosphorsäure, Magnesium und Calcium enthalten (Fig. 99 C). Eiweisskrystalloide treten ubrigens, wie hier erwähnt sein mag, gelegentlich auch im flussigen Vakuoleninhalt auf; sie finden sich ferner in einzelnen Fällen im Zellkern und in den Chromatophoren.

Krystalle. — In gewissen Vakuolen vieler Pflanzen wird Oxalsäure ausgeschieden, welche mit den in Lösung vorhandenen Kalksalzen Calciumoxalat bildet. Dasselbe wird in Krystallform in der Zelle abgelagert.

In manchen Pflanzen sind die oxalatführenden Zellen in Form und Grösse von den anderen Zellen wesentlich verschieden; bei anderen treten die Krystalle in allen beliebigen Zellen auf. Häufig bilden sich grosse Einzelkrystalle aus oder es entstehen morgensternförmige Drusen (Fig. 100 A, B). Bei manchen Pflanzen findet sich das Oxalat in Form schlanker Nadeln abgeschieden, welche zu Bündeln vereinigt und mit einer Schleimhülle umgeben in bestimmten Zellen abgelagert sind. Man bezeichnet diese Nadelbündel als Rhaphiden (Fig. 100 C).

Bestimmte Zellen einiger Blütenpflanzen, z. B. der Tollkirsche, *Atropa Belladonna*, sind fast ganz mit kleinen krystallinischen Körnchen erfüllt; sie werden Sandzellen genannt (Fig. 100 D).

Krystalle von kohlensaurem Kalk und von Gips kommen nur äusserst selten im Zellinhalt vor.

3. Die Zellwand.

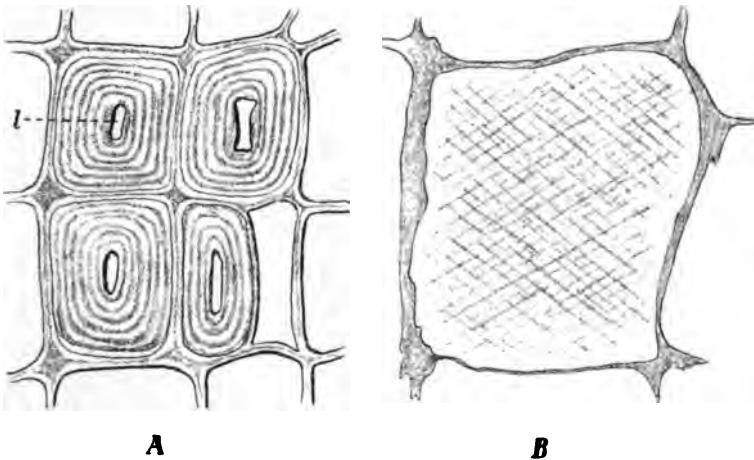
Struktur der Zellwand. — Bei jugendlichen Zellen stellt die Zellwand ein dünnes, dehnbares Häutchen dar, welches mit Wasser durchtränkt ist und gleich anderen organischen Membranen osmotische Eigenschaften besitzt. An manchen Zellwänden sind äusserst feine Durchbohrungen (Poren) nachgewiesen worden, durch welche die Inhalte benachbarter Zellen in Verbindung stehen; in anderen Zellen fehlen dieselben.

Die Zellwand vergrössert sich mit der Zunahme des Zellinhaltes in der Fläche; sehr häufig findet aber auch ein Dickenzuwachs derselben statt, indem neue Cellulosesubstanz vom Protoplasma aus zu der vorhandenen hinzugefügt wird. Dieser Prozess kann in verschiedener Weise vor sich gehen. Entweder wird die vom Protoplasma abgegebene Cellulose auf der Oberfläche der vorhandenen Zellwand abgelagert — ein solcher Wachsthumsvorgang wird als Apposition bezeichnet — oder die neugebildeten Cellulosemolekeln wandern zwischen die Molekelverbände (Micelle), aus denen die Zellwand aufgebaut ist, hinein und lagern sich auf denselben oder zwischen denselben ab — man nennt diese Art des Wachsthums Intussusception —. Häufig werden vom Protoplasma aus ganze Celluloseschichten auf die vorhandene Wand aufgelagert. Es ist wahrscheinlich, dass bei diesem Vorgang in vielen Fällen ein Intussusceptions-Wachsthum der einzelnen so entstandenen Wandschichten nebenher geht. Die ausgewachsene Membran erscheint in Folge des Zuwachses oft deutlich geschichtet (Fig. 101 A). An vielen sekundär verdickten Zellwänden sind ausserdem auf der Fläche der Wand Systeme von zarten Schrägstreifen

sichtbar, welche sich bisweilen kreuzen (Fig. 101B). Die in verschiedener Richtung verlaufenden Streifen gehören dann verschiedenen Verdickungsschichten an. Schichtung und Streifung sind darauf zurückzuführen, dass wasserreiche und wasserarme Schichten in der Wand mit einander abwechseln.

Gewöhnlich bleiben bei der sekundären Verdickung der Zellwand einzelne scharf umschriebene Wandstellen im Dickenwachsthum hinter den anderen zurück, so dass in der verdickten Wand dünnere Stellen vorhanden sind, welche den Stoffverkehr zwischen den benachbarten Zellen vermitteln.

Man bezeichnet die abweichend gebildete Stelle der Wand als Tüpfel. Der Zugang zu der dünnen Wandstelle wird Tüpfelkanal genannt (Fig. 102A). Häufig sind die Tüpfel annähernd kreisrundlich, bisweilen sind sie spaltenförmig. An manchen Wänden treten die Wandverdickungen gegenüber den



Figur 101.

A Theil eines Querschnittes durch die Wurzelrinde von *Ginkgo biloba*. Die Wände einiger Zellen sind stark verdickt und deutlich geschichtet. *l* der Hohlraum der Zelle. **B** Zellwand aus dem Mark von *Dahlia variabilis* mit sichtbarer Streifung (nach Strassburger).

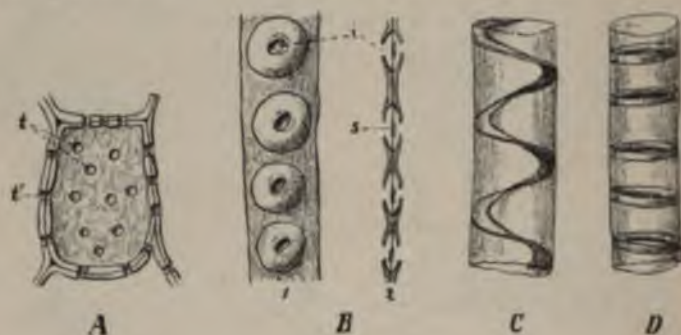
unverdickt gebliebenen Wandtheilen sehr zurück; sie bilden nur ringförmige Leisten oder Spiralbänder, zwischen denen die dünnen Wandstellen als breite Streifen liegen (Fig. 102C u. D). Eine eigenartige Tüpfelbildung zeigen die Wände der Nadelholzzellen und manche andere. Dort sind über der runden, dünnen Wandstelle die Tüpfelkanäle nach dem Zellinnern hin stark verengert, so dass ein hofartiger Hohlraum jederseits von der dünnen Trennungswand, der sogenannten Schliesshaut, gebildet wird. Diese Art der Tüpfel wird als Hoftüpfel oder gehöfter Tüpfel bezeichnet (Fig. 102B).

Chemische Beschaffenheit der Zellwand. — Die Zellwand besteht in den jungen Zellen aus **Cellulose**, einem Kohlehydrat, welches wie die Stärke die Formel $C_6 H_{10} O_5$ hat und welches, mit Chlorzinkjod oder Schwefelsäure und Jod behandelt, eine blaue Färbung annimmt. Von concentrirter Schwefelsäure und von Kupferoxydammoniak wird die

Cellulose gelöst. In den Wandungen vieler Zellen erleidet die Cellulose im Laufe der Entwicklung nachträgliche Veränderungen. Sehr häufig kommen Verkorkung und Verholzung vor.

Die **Verkorkung** trifft hauptsächlich solche Celluloseschichten, welche mit der Atmosphäre oder mit dem Wasser in Berührung sind, also alle Oberflächen der Gewächse; indessen kommen auch im Innern der Pflanzenkörper verkorkte Membranen vor. Die Verkorkung kommt durch Einlagerung eines fettartigen Körpers, des Suberins, zwischen die kleinsten Theile der Celluloselamellen zustande. Sie bewirkt, dass die Zellwände für Wasser schwer durchlässig werden. Die verkorkten Wände sind in Schwefelsäure nicht löslich; sie färben sich mit Chlorzinkjod gelb, ebenso mit concentrirter Kalilauge. Durch Kochen in Kalilauge kann die fettartige Einlagerung aus der Cellulose entfernt werden.

Die **Verholzung** wird ebenfalls durch Einlagerung einer Substanz zwischen die Cellulosetheilchen der Zellwände herbeigeführt. Man bezeichnet



Figur 102.

A Querschnitt einer Zelle mit getüpfelter Wand. *t* Tüpfel von der Fläche, *t'* aufgeschnittener Tüpfel. **B** Zellwand mit gehöften Tüpfeln, 1 von der Fläche, 2 im Längsschnitt. *i* Eingang in den Tüpfelhof, *s* Schliesshaut. **C** Theil einer schlauchförmigen Zelle mit spiralförmiger Wandverlückung. **D** Theil einer schlauchförmigen Zelle mit ringförmiger Wandverlückung.

die eingelagerte Substanz, deren chemische Eigenschaften noch nicht genügend bekannt sind, als Lignin. Aus den Reaktionen ergibt sich, dass an der Zusammensetzung desselben das Vanillin und das Coniferin, chemisch bestimmt definite Substanzen, theilhaftig sind. Mit Chlorzinkjod färbt sich die verholzte Membran gelb; mit Phloroglucin und Salzsäure wird eine intensive Rothfärbung erzeugt. Durch Kalilauge oder Salpetersäure kann die eingelagerte Substanz ausgezogen werden, so dass der Rest mit Chlorzinkjod die Cellulosereaktion giebt.

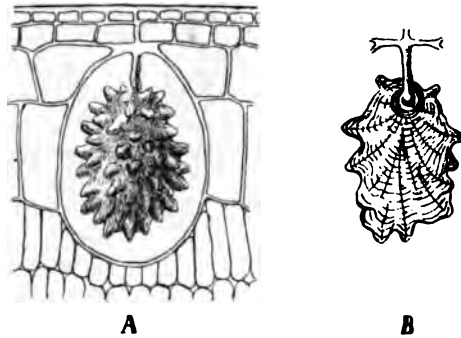
Eine dritte Form sekundärer Veränderung der Cellulosesubstanz ist die Einlagerung mineralischer Substanzen. Bisweilen findet man oxalsauren Kalk in Form deutlicher Krystalle in die Grundsubstanz der Zellwand eingebettet. Häufiger aber ist der Fall, dass die anorganische Substanz amorph in kleinsten Theilen der organischen Grundlage eingefügt ist. Das Letztere ist bei der **Verkieselung** der Zellmembranen der Fall. Durch die Einlagerung der Kieselsäure wird die Härte und

Festigkeit der Membranen bedeutend erhöht. Indem man durch Glühen die organische Substanz zerstört, erhält man ein Kieselskelett der Membran, welches gewöhnlich noch die Strukturverhältnisse der Letzteren genau aufweist. Die Verkieselung der Membranen ist im Pflanzenreiche sehr weit verbreitet; in auffälligem Masse ist sie bei den Kieselalgen oder Diatomeen, in der Oberhaut der Schachtelhalme und der Gräser zu beobachten. In ähnlicher Weise wie die Kieselsäure ist bisweilen kohlensaurer Kalk in die Cellulose eingelagert, so in den Haaren der Boragineen mancher Cruciferen u. a. m. Lässt man eine Säure auf die verkalkten Membranen einwirken, so wird der Kalk unter Gasentwicklung aufgelöst.

Bei den Acanthaceen und Urticaceen sind in gewissen Zellen eigenthümliche, der Zellwand angehörende Gebilde vorhanden, welche gleichfalls in der von der Cellulose gebildeten Grundsubstanz ihres Körpers massenhaft kohlensauren Kalk eingelagert enthalten. Besonders schön sind diese Gebilde, welche man als **Cystolithen** bezeichnet, in den Blättern des Gummibaumes, *Ficus elastica*, ausgebildet (Fig. 103). Sie stellen unregelmässige, eiförmige, mit Warzen bedeckte Körper dar, welche mit einem dünnen, verkieselten Stiel an der Wand befestigt sind und die Zelle fast ganz erfüllen. Wenn man durch Essigsäure den kohlensauren Kalk aus dem Körper des Cystolithen entfernt, so bleibt ein zartes Cellulosegerüst zurück, an dem man erkennt, dass das Gebilde aus ziemlich gleichmässigen Schichten zusammengesetzt ist, durch welche rechtwinkelig radiale Stränge zu den Spitzen der Warzen auf der Oberfläche verlaufen.

Neben der typischen Cellulose, welche die Zellwände der meisten Gewächse bildet und welche auch die Grundsubstanz der verholzten, verkorkten, verkieselten und verkalkten Membranen ist, kommen im Pflanzenreich noch einige andere, nahe verwandte Stoffe vor, welche für sich allein oder in Verbindung mit der Cellulose zur Zellwandbildung Verwendung finden. Ihrer procentischen, chemischen Zusammensetzung nach stimmen diese Substanzen mit der Cellulose überein, indess zeigen sie andere Reaktionen und zum Theil auch andere physikalische Eigenschaften, man kann sie als Modifikationen der Cellulose bezeichnen.

Die Zellwände der meisten Pilze bestehen aus einer Substanz, welche viel dichter als die gewöhnliche Cellulose ist und im Gegensatz zu der Letzteren durch Säuren nicht angegriffen wird. Erst wochenlange Vorbehandlung mit oft erneuter, concentrirter Kalilauge vermag die Cellulose-



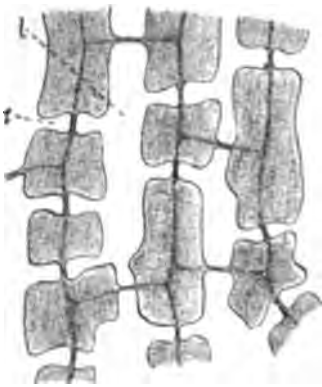
Figur 103.

A Theil vom Querschnitt des Blattes von *Ficus elastica* mit einem Cystolithen. **B** optischer Längsschnitt eines entkalkten Cystolithen.

reaktion mit Jod und Schwefelsäure an derselben hervorzurufen. Man bezeichnet diese Substanz als **Pilzcellulose**.

In dem Endosperm mancher Samen und in den Cotyledonen einiger Embryonen sind die sekundären Verdickungsschichten der Zellwände aus Cellulosemodifikationen gebildet. Bei der Entwicklung der Keimpflanze wird die Wandverdickung vollständig wieder aufgelöst und zum Aufbau der jungen Pflanze verwendet, nur die aus typischer Cellulose bestehende ursprüngliche Zellwand der Endosperm- oder Cotyledonar-Zellen bleibt erhalten. Die Substanz der Wandverdickungen, welche offenbar als Reservestoff abgelagert ist, kann man als **Reservecellulose** bezeichnen (Fig. 104).

Endlich sei noch als einer im Pflanzenreich häufiger auftretenden Modifikation der Cellulose, der **Pflanzenschleim**, erwähnt, welcher sich an der Oberfläche mancher Samen und Früchte, aber auch im Innern anderer Pflanzentheile als Bestandtheil der Zellwände vorfindet. Der Pflanzenschleim ist von der normalen Cellulose dadurch unterschieden, dass er nur in der Trockenheit eine feste Consistenz besitzt, bei Wasserzufuhr aber gallertartig aufquillt oder gänzlich zerfließt. Der Pflanzenschleim, welcher normaler Weise im anatomischen Bau gewisser Pflanzentheile eine Rolle spielt, ist nicht zu verwechseln mit dem Schleim, der durch pathologische Veränderungen aus der Cellulose entstehen kann und den wir z. B. bei dem Gummifluss unserer Kernobstbäume auftreten sehen.



Figur 104.

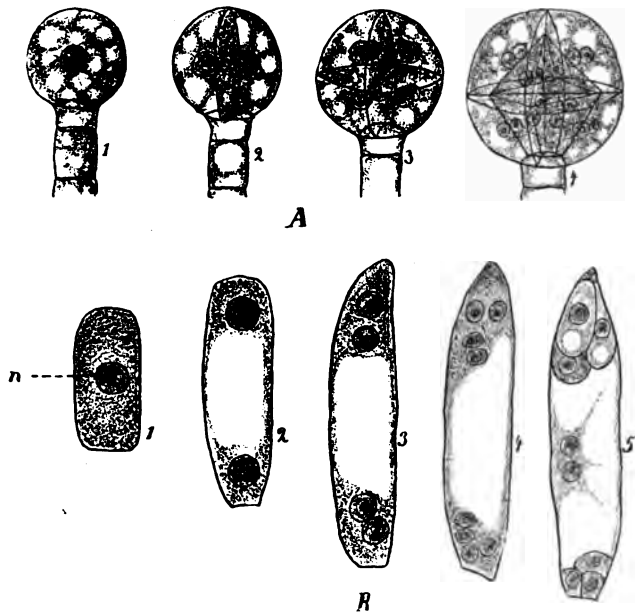
Einige Zellen aus dem Endosperm der Dattel im Längsschnitt / der Hohlraum einer Zelle. Die Zellwände sind durch Reservecellulose stark verdickt und mit weiten Tüpfeln / versehen.

Nackte und leere Zellen. — In der Definition des Begriffes der Pflanzenzelle ist das Vorhandensein einer Zellwand als ein wesentliches Merkmal anzusehen; der Ausdruck nackte Zelle enthält also im Grunde genommen einen Widerspruch. Es ist indess besonders bei der Fortpflanzung niederer Organismen der Fall nicht selten, dass der Inhalt einer Zelle zeitweilig seine Hülle verlässt, um nach kurzer Dauer sich mit einer neuen Zellwand zu umgeben. Insofern als der aus der Zellhülle ausgetretene Zellinhalt nur einen vorübergehenden Zustand in dem gesammten Leben des betreffenden Elementarorganes repräsentirt, empfiehlt es sich, für denselben die Bezeichnung »nackte Zelle« beizubehalten.

Ein Gegenstück zu den nackten Zellen bilden die leeren Zellen, aus welchen der grösste Theil des Gewebes der Holzstämmе gebildet wird. Ursprünglich enthalten auch diese Zellen einen lebenden Inhalt; im Verlaufe der Entwicklung aber stirbt das Protoplasma ab und verschwindet fast gänzlich, so dass von der Zelle nur die verholzten Zellwände übrigbleiben; die Höhlung der Zelle ist mit Wasser und Luft erfüllt.

4. Die Entstehung der Zellen.

Zelltheilung. — Eine Neubildung von Zellen findet nur dort statt, wo lebendes Protoplasma zum Aufbau derselben vorhanden ist: es handelt sich also meistens nur um die Vermehrung der Zahl der vorhandenen Zellen. Die einfachste und häufigste Vermehrungsweise der Zellen ist die Theilung. Indem in einer vorhandenen Zelle eine Querwand auftritt, wird die Zelle in zwei neue Zellen zerlegt. Da jede Zelle einen Zellkern besitzen muss, so muss wenigstens bei den mit einem einzigen Zellkern versehenen Zellen die Kerntheilung der Zelltheilung



Figur 105.

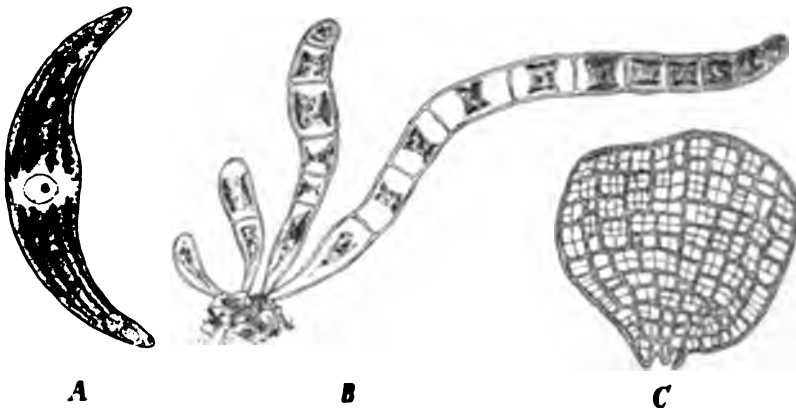
A 1—4 aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien eines dicotylen Embryos (schematisch). Die Zahl der Zellen wird durch Zelltheilung vermehrt. **B** 1—5 aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien des Embryosackes einer angiospermen Pflanze. Durch freie Zellbildung werden zunächst an jedem Ende des Embryosackes drei neue Zellen gebildet.

vorangehen. Gewöhnlich entsteht, noch ehe die beiden Tochterkerne ihre volle Ausbildung erlangt haben, zwischen beiden im Protoplasma die Anlage der Theilungswand, welche sich seitlich an die alte Zellwand ansetzt.

Freie Zellbildung. — Bei dem soeben beschriebenen Theilungsvorgange wird, wie ersichtlich, die Zellwand der Mutterzelle für die Bildung der Tochterzellen mit verwendet; findet das nicht statt, bleibt also bei der Zelltheilung die Membran der Mutterzelle als solche erhalten, so bezeichnet man den Vorgang als freie Zellbildung (Fig. 105). Ein Beispiel

bietet die Sporenbildung in den Sporenschläuchen vieler Schlauchpilze (Acromyceten). Dort theilt sich der Zellkern wiederholt, bis acht Kerne vorhanden sind. Um jeden derselben sammelt sich eine Portion Protoplasma an und jede der so entstandenen Energiden umgiebt sich mit einer neuen Zellwand.

Im Embryosack der höheren Pflanzen findet ebenfalls eine freie Zellbildung statt (Fig. 105B). Der Zellkern in der Anlage des Embryosacks theilt sich wiederholt, bis acht freie Zellkerne und also auch acht Energiden in dem Embryosack vorhanden sind, von denen je vier an jedem Ende der meist schlauchartig gestreckten Zelle liegen. Indem sich an jedem Zellende drei der Energiden mit Zellwänden umgeben, entstehen



Figur 106.

A einzellige Alge, Closterium. **B** junge Pflänzchen der Fadenalge Ulothrix. **C** Prasiola, eine Alge, deren Vegetationskörper eine Zellfläche bildet.

im Innern des Embryosackes sechs Zellen. Später wird dann auch noch der übrige Inhalt des Embryosackes durch freie Zellbildung in einzelne Zellen vertheilt.

Zellverjüngung und Zellverschmelzung. — Endlich mag hier noch einiger Umformungsvorgänge gedacht werden, welche besonders bei den Fortpflanzungserscheinungen der niederen Pflanzen eine Rolle spielen. Bei der Zellverjüngung verlässt einfach der Protoplasmainhalt die alte Zellhülle, um sich früher oder später mit einer neuen Zellwand zu umgeben. Die Zellverschmelzung ist das wesentlichste und charakteristische Moment der geschlechtlichen Fortpflanzung; sie geht in der Weise vor sich, dass die wichtigsten Zellinhaltsbestandtheile der einen Zelle in die andere Zelle hineinwandern und mit derselben völlig verschmelzen.

Zweites Kapitel. Die Gewebelehre.

1. Die Zusammensetzung der Gewebe.

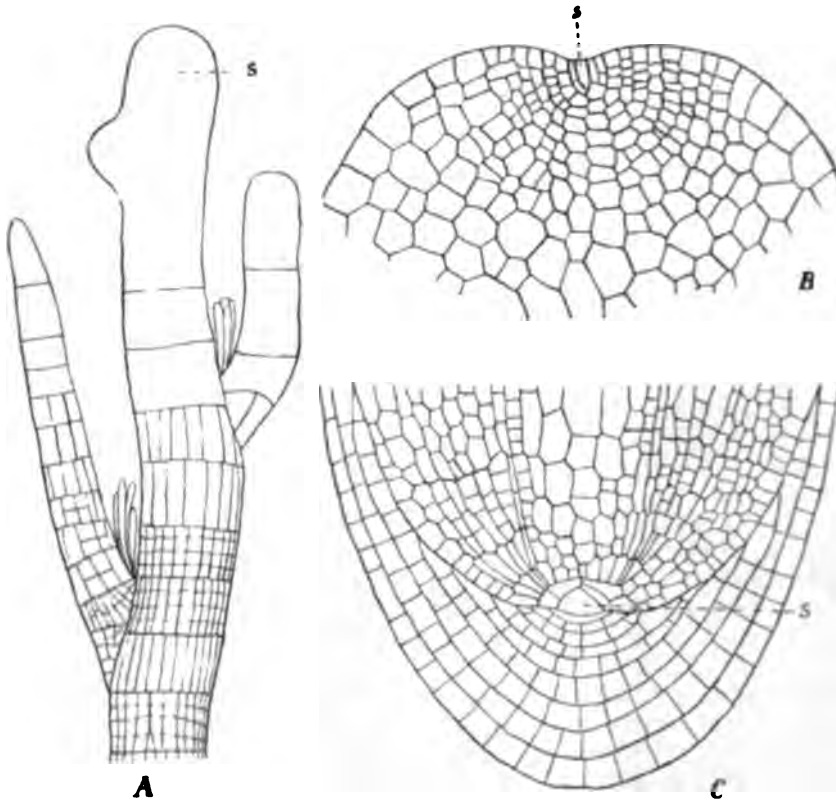
a) Die Entstehung der Gewebe am Vegetationspunkt.

Alle cellulären Pflanzenindividuen sind von einem einzelligen Anfangsstadium abzuleiten. Unter den niederen Pflanzen ist eine Anzahl von Arten bekannt, deren Vegetationskörper während der ganzen Lebenszeit aus einer einzigen Zelle besteht (Fig. 106A). Bei den meisten Pflanzen sind indess mehrere, oft sehr viele Zellen am Aufbau des Vegetationskörpers beteiligt, welche durch Zelltheilung aus der einen Anfangszelle hervorgegangen sind. In den einfachsten Fällen theilt sich die Anfangszelle in zwei gleichwerthige Tochterzellen, welche mit einander in Verbindung bleiben und sich in der gleichen Weise und in der gleichen Richtung weiter theilen. So entstehen einfache Zellfäden aus gleichartigen Zellen (Fig. 106B). Erfolgen die Theilungen in den Zellen nicht nur in der Quere, sondern auch in einer dazu senkrechten Richtung, so entstehen Zellflächen (Fig. 106C); und gehen endlich die Zelltheilungen in allen Richtungen des Raumes vor sich, so kommen Zellkörper zustande.

In manchen Zellverbänden ist die Entstehung der neuen Zellen lokalisiert; die unbegrenzte Theilbarkeit kommt nur einer einzigen Zelle, der **Scheitelzelle**, zu, während die von der Scheitelzelle abgegliederten Zellen direkt oder nach einigen weiteren Theilungen in den Dauerzustand übergehen. Ein einfaches Beispiel für das Wachstum vermittelt einer Scheitelzelle bietet der in Figur 107A abgebildete Thallusast der Meeresalge *Stypocaulon*. Die Scheitelzelle *s* theilt sich durch eine Querwand in zwei Zellen, von denen die nach der Spitze zu gelegene als Scheitelzelle erhalten bleibt und sich in gleicher Weise weitertheilt. Die nach rückwärts liegende Theilzelle dagegen erreicht nach einigen weiteren Theilungen den Abschluss ihrer Entwicklung. Nur vereinzelte der weiter rückwärts gelegenen Theilzellen haben die Natur der Scheitelzelle behalten und veranlassen dadurch die Ausbildung neuer Vegetationsscheitel, welche als Seitenzweige aus dem Hauptstross hervortreten.

Das Wachstum vermittelt einer Scheitelzelle ist im Pflanzenreich sehr weit verbreitet; wir finden es bei den Pilzen, Algen, Moosen (Fig. 107B) und selbst unter den Gefäßpflanzen bei den Farnen. Bei Moosen und Farnen wechselt die Richtung der aufeinanderfolgenden Theilungswände schon innerhalb der Scheitelzelle regelmässig ab; es kommen zweischneidige, dreiseitig und vierseitig pyramidenförmige Scheitelzellen an den Vegetationspunkten vor. An den Wurzeln der Gefäßkryptogamen gehen auch die Zellen, welche zur Wurzelhaube werden, direkt aus der Scheitelzelle hervor (Fig. 107C). Bei den Samenpflanzen ist es nicht eine einzelne Scheitelzelle, von welcher die Gewebebildung am Vegetationspunkt ausgeht, sondern eine Gruppe von Zellen, ein kleiner Gewebekomplex, den man als Bildungsgewebe, als **Meristem** bezeichnet.

Unmittelbar am Vegetationspunkt sind die jungen Zellen alle annähernd gleich an Gestalt und Grösse; bald aber treten Differenzirungen ein, welche den Anfang der Ausbildung verschiedener Gewebesysteme in dem Pflanzenkörper darstellen. Man kann schon kurz hinter dem fortwachsenden Scheitel eine Sonderung des Gewebes in drei Theile wahrnehmen. Ein axiler Theil, das Plerom, stellt den Anfang des die Gefässbündel enthaltenden Achsencylinders dar; er wird mantelartig umhüllt von



Figur 107.

A Thallusast der Meeresalge *Stypocaulon* (nach Geyler). **B** Zellanordnung an der Vegetationspitze des bandartigen Sprosses des Lebermooses *Metzgeria*. **C** Medianer Längsschnitt durch die Wurzelspitze eines Farns (nach v. Tieghem). *s* Scheitelzelle.

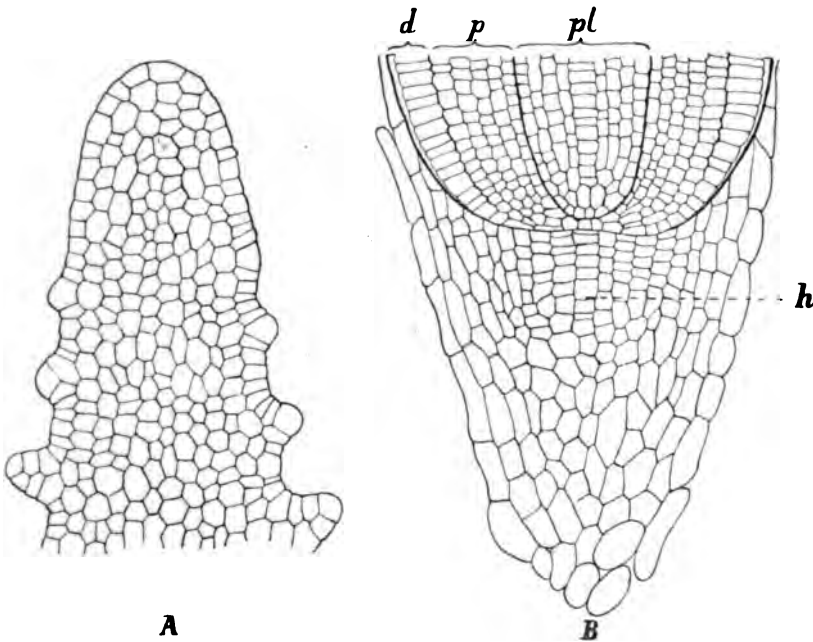
dem Periblem, der jungen Rindenschicht der Achse; die äusserste Zellschicht endlich, die jugendliche Oberhaut, wird Dermatogen genannt (Fig. 108 B).

Man kann den Ursprung dieser drei Meristemtheile auf einige wenige Zellen am Vegetationspunkt zurückverfolgen, welche als Initialen bezeichnet werden. An den Vegetationspunkten der Wurzeln werden ausserdem auch nach der Spitze hin Zellen ausgegliedert, von denen der Zuwachs der Wurzelhaube abzuleiten ist.

b) Formbestandtheile der Gewebe.

In den ausgewachsenen Theilen höherer Pflanzen ist die ursprüngliche Gleichmässigkeit der die Gewebe am Vegetationspunkt zusammensetzenden Zellen vollständig verschwunden.

Die Zellelemente unterscheiden sich sowohl durch Form und Grösse, als auch durch Inhalt und Funktion wesentlich von einander und ausserdem nehmen auch Gebilde an der Gewebeformation theil, welche wohl aus Zellen hervorgegangen, aber nicht mehr Zellen sind. Ferner sind zwischen den einzelnen Zellen Hohlräume, die Intercellularräume ent-



Figur 108.

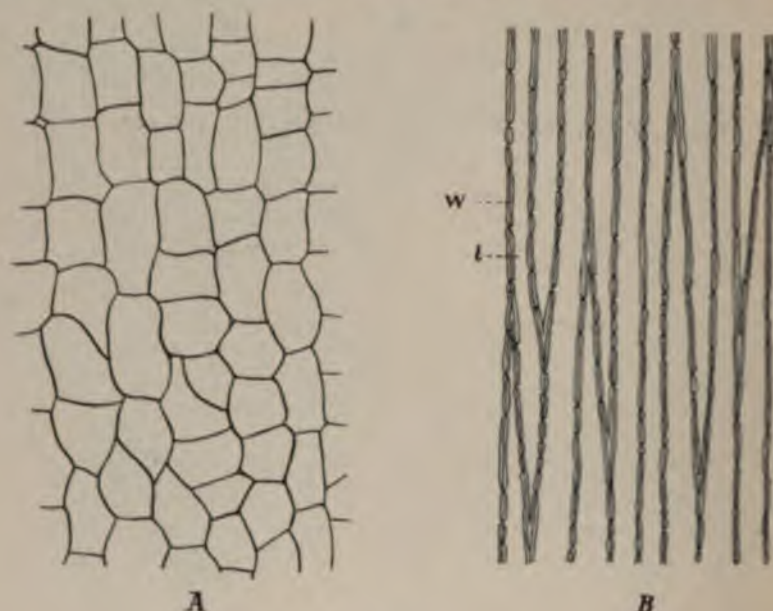
A Längsschnitt des Sprossgipfels von *Elodea canadensis* (nach Kny); die Blattanlagen sind nicht median getroffen. **B** Längsschnitt der Wurzelspitze von *Hordeum vulgare* (n. Janczewski).
h Wurzelhaube, *d* Dermatogen, *p* Periblem, *pl* Plerom.

standen, welche für die Lebensverrichtungen der Pflanze Bedeutung haben und oft eigenartige Ausbildung gewinnen, so dass sie als ein Bestandtheil des ausgewachsenen Gewebes angesehen werden müssen. Im Folgenden sollen die einzelnen Formbestandtheile der Gewebe kurz besprochen werden.

Parenchym und Prosenchym. — Der Bau und die Zusammensetzung der Pflanzenzelle im Allgemeinen ist im vorhergehenden Abschnitt besprochen worden. Die Form der zu Geweben vereinigten Zellen ist sehr verschieden. Neben flach tafelförmigen kommen cylindrische oder prismatische Zellen vor, neben annähernd kugelrunden oder polyedrischen faserförmig langgestreckte mit langzugespitzten Enden. Man unterscheidet

unter Berücksichtigung der Zellform zwei durch Uebergänge verbundene Grundtypen der Gewebe: das **Parenchym**, dessen Zellen wenig oder nicht gestreckt und mit breiten Flächen aneinander gefügt sind, und das **Prosenchym**, dessen Zellen schmale Fasern sind, welche mit ihren langzugespitzten Enden zwischen einander eingeschoben sind (Fig. 109).

Collenchym und Sklerenchym. — Die Wände der lebenden Zellen in den Geweben sind meistens nicht sehr stark verdickt, nur bei der als Collenchym bezeichneten Gewebeform kommen beträchtlichere Wandverdickungen vor. Dieselben sind indess nicht gleichmässig im ganzen Umfange der Zelle über die Zellwand vertheilt, sondern sie treten



Figur 109.

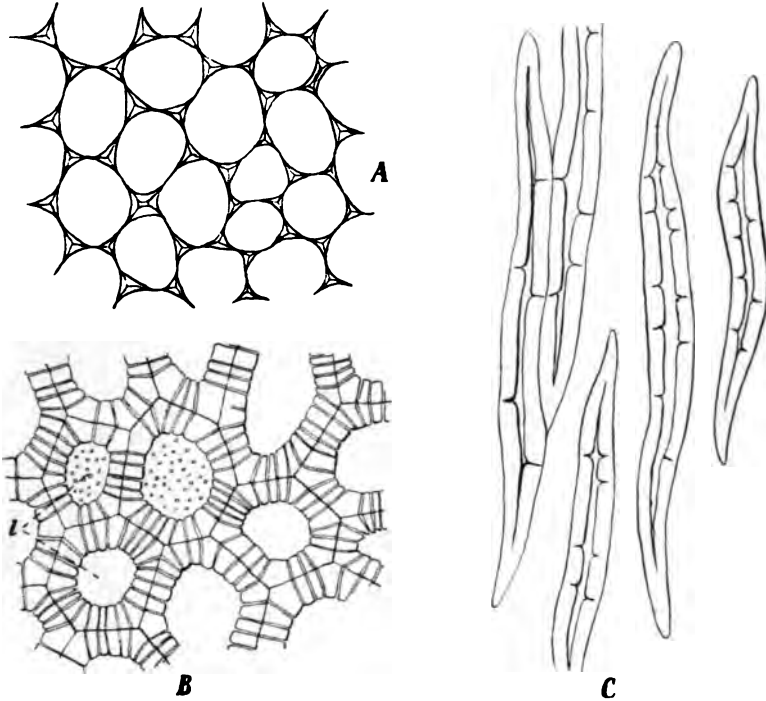
Abschnitte aus dem Längsschnitt des Sprossgewebes einer dicotylen Pflanze.

A Parenchym, die kurzen Zellen sind mit breiten Flächen aneinander gefügt. **B** Prosenchym, die faserartigen Zellen sind mit spitzen, langausgezogenen Enden zwischen einander eingeschoben. *w* die getüpfelte Zellwand, *l* Hohlraum einer Zelle.

nur in den Winkelkanten hervor, in denen die Wände der benachbarten Zellen auf einander stossen, während die übrigen Flächen dünn bleiben und den Stoffverkehr von Zelle zu Zelle gestatten (Fig. 110A).

In ausgewachsenen Geweben treffen wir dagegen häufig Zellen mit ringsum gleichmässig verdickter, meist getüpfelter Wand, welche meist kein lebendes Protoplasma mehr besitzen. Ein aus solchen Zellen bestehendes Gewebe wird als Sklerenchym bezeichnet. Unter den Sklerenchymzellen lassen sich zwei Formen unterscheiden: die **Steinzellen**, welche parenchymatisch, und die **Sklerenchymfasern**, welche prosenchymatisch sind (Fig. 110 B u. C).

Gefässe und Tracheiden. — Die Gefässe sind ein charakteristischer Bestandtheil des Gewebes der meisten Angiospermen. Sie stellen lange Röhren dar, welche dadurch entstanden sind, dass in Reihen von übereinanderstehenden Zellen alle Querwände aufgelöst wurden. Ein lebender Inhalt ist in den Gefässen nicht mehr vorhanden, sie enthalten nur Wasser und Luft und können als Reservoir im Pflanzenkörper angesehen werden, aus denen die benachbarten lebenden Zellen im Bedarfsfalle ihr Wasser beziehen. Die Wandung der Gefässe ist verholzt und meistens eigenthüm-



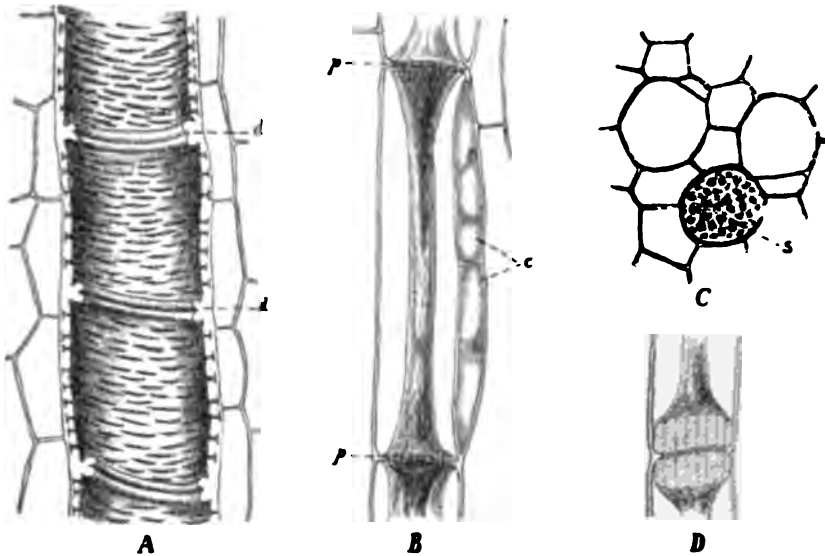
Figur 110.

A Querschnitt durch das Collenchym eines Dicotylenstengels. Die Zellwände sind nur in den Winkelkanten verdickt. Der Zellinhalt ist nicht gezeichnet. **B** Steinzellen von dem Querschnitt der harten Schale eines Kirschkerne. / Hohlraum der Zellen. Die Wände der rundlichen Zellen sind stark verdickt und getüpfelt. **C** durch Präparation isolirte Sklerenchymfasern.

lich ausgebildet (Fig. 111 A). Zunächst ist an derselben eine Gliederung wahrzunehmen, welche dadurch hervorgerufen wird, dass die Querwand zwischen den einzelnen, an der Gefässbildung betheiligten Zellen nicht vollkommen verschwunden ist, sondern als ein ringförmiges Diaphragma oder auch als eine gitterartig durchbrochene Platte zurückbleibt. Sodann ist eine auffällige Verdickung der Wandflächen zu bemerken, welche als ringförmige Leisten, als Spiralband, als leiterartiges oder netzförmiges Gitterwerk auftritt oder mehr gleichmässig die Wand bekleidet, aber von

zahlreichen gehöften Tüpfeln durchsetzt ist. Man unterscheidet danach Ringgefäße, Spiralgefäße, Treppengefäße, Netzgefäße und Tüpfelgefäße. Bei den meisten Farnen und den Gymnospermen sind keine Gefäße vorhanden, statt derselben treten die Tracheiden ein, prosenchymatische Zellen, welche in der Ausbildung der Wand mit den Gefäßen übereinstimmen und wie diese nur Wasser und Luft enthalten.

Siebröhren und Geleitzellen. — Die Siebröhren sind gleichfalls ein charakteristischer Bestandtheil des Gewebes der höheren Pflanzen; sie werden aus prismatischen Zellen gebildet, welche der Länge nach zu Reihen angeordnet und mit breiter Fläche aufeinander gesetzt sind (Fig. 111 B).



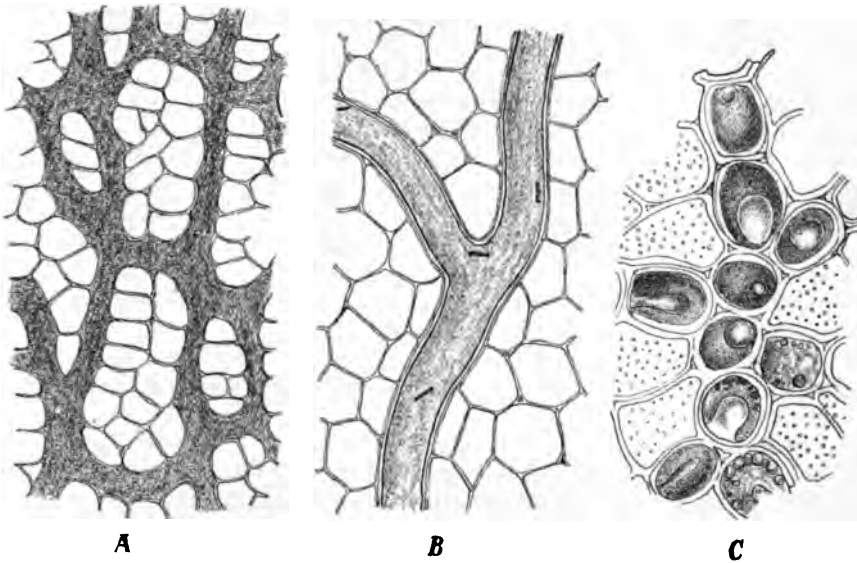
Figur 111.

A Theil eines Gefäßes im Längsschnitt, bei *a* die Ueberreste der aufgelösten Querswände. Die Gefäßwand ist mit spaltenförmigen Hofstüpfeln versehen. **B** Siebröhre von *Cucurbita Pepo* im Längsschnitt. Nach Alkoholmaterial. Der Inhalt der Siebröhre ist von der Zellwand zurückgetreten und hat sich in der Mitte der Zelle zu einem dicken Strang zusammengezogen. *p* Siebplatten, *c* Geleitzellen. **C** Querschnitt einiger Siebröhren, bei *s* ist eine Siebplatte von der Fläche sichtbar. **D** Siebplatte mit Callus im Längsschnitt.

Die Querwände zwischen den einzelnen Gliedern sind siebartig durchlöchert; man bezeichnet dieselben als Siebplatten (Fig. 111 C). Gelegentlich kommen auch an den Längswänden zwischen zwei benachbarten Siebröhren solche Siebplatten zur Ausbildung. Durch die Löcher der Siebplatten hindurch steht der Inhalt der einzelnen Siebröhrenglieder in offener Verbindung. Bisweilen werden die Siebplatten durch die Auflagerung einer Wandverdickung von eigenartiger Beschaffenheit auffällig verändert. Man bezeichnet diese Auflagerung als Callus. Dieselbe verengert die Zugänge zu den Poren der Siebplatte häufig zu engen Kanälchen oder verschliesst dieselben gänzlich (Fig. 111 D).

Der Inhalt der Siebröhrenglieder besteht im frischen Zustande aus einem dünnen, der Zellwand anliegenden Protoplasmaschlauch, der eine sehr grosse Vakuole umschliesst, in welcher sich gewöhnlich an dem einen Ende des Gliedes eine Schleimansammlung findet, die sich strangartig mehr oder minder weit in die Mitte des Gliedes hinein fortsetzt.

In Alkohol zieht sich der Inhalt der Siebröhrenglieder von der Längswand zurück und bilden einen von einer Siebplatte zur anderen reichenden Strang, welcher sich mit Jod braungelb färbt. Löst man an einem solchen Präparat durch Schwefelsäure die Zellwand fort, so kann man die durch die Poren der Siebplatten hindurchgehenden Protoplasmastränge als zwischen den Inhaltsmassen der einzelnen Glieder zurück-



Figur 112.

A gegliederte Milchröhren aus der Wurzelrinde von *Scorzonera hispanica*. **B** Theil einer ungegliederten Milchröhre von *Euphorbia splendens*. **C** Gerbstoffschläuche aus der Rinde der Eiche (nach Hartig).

bleibende Verbindungsfäden deutlich erkennen. Die Siebröhren besitzen eine verhältnissmässig kurze Lebensdauer; in älteren Pflanzentheilen verlieren sie ihren Inhalt und werden zusammengedrückt. Bei der Ausbildung der Siebröhren wird bei manchen Pflanzen von den zum Siebröhrenglied werdenden Zellen durch eine Längswand eine schmale Zelle abgetrennt, welche sich in eigenartiger Weise weiter entwickelt. Auf diese Weise entstehen in engster Verbindung mit den Siebröhren Reihen schmaler parenchymatischer Zellen mit zarter Wand und dichtem Protoplasma-inhalt. Man bezeichnet diese Zellen als Geleitzellen. Ueber ihre Funktion wie über die der Siebröhren hat man eine klare Vorstellung bisher nicht gewinnen können.

Milchröhren. — In dem Gewebe einiger Samenpflanzen treffen wir ein System schlauchförmiger, verzweigter Röhren an, welche eine als Milchsaft bezeichnete, meistens weiss, gelb oder rötlich gefärbte Flüssigkeit enthalten. Die Wand dieser Milchröhren besteht aus reiner Cellulose und ist meistens ziemlich zart; in einzelnen Fällen erreicht sie eine beträchtliche Dicke. Mit Rücksicht auf die Entstehungsweise der Milchröhren werden zwei Arten derselben unterschieden: die **gegliederten** Milchröhren (Fig. 112A), welche in ähnlicher Weise wie die Gefässe durch die Auflösung der Querwände aus Zellreihen hervorgegangen sind, und die **ungegliederten** Milchröhren (Fig. 112B), welche durch Wachstum und Verzweigung einer schon in der jungen Pflanze vorhandenen, einzelligen Anlage entstanden sind. Gegliederte Milchröhren kommen z. B. bei den Cichoriaceen und bei vielen Papaveraceen vor, ungegliederte bei den Euphorbiaceen.

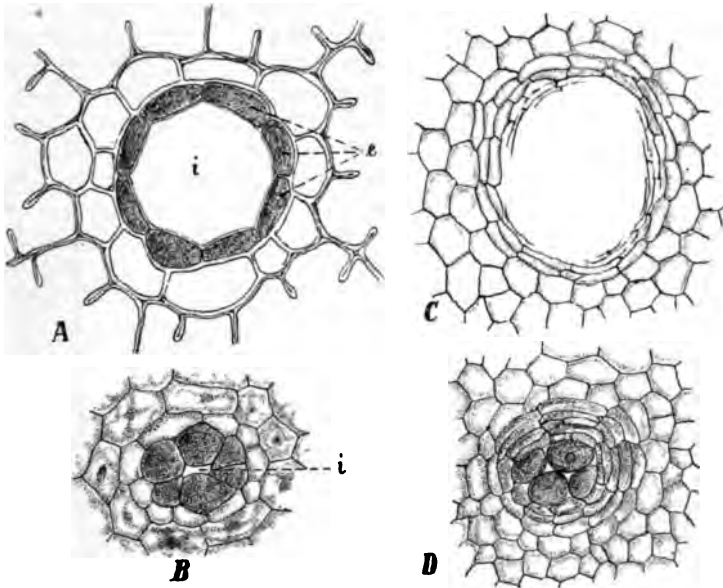
Der Milchsaft besteht aus einer wässrigen Flüssigkeit, in welcher sehr viele kleine Körnchen, der Hauptsache nach Harze und Kautschuk suspendirt sind. Der Milchsaft der Euphorbien enthält ausserdem spindelförmige oder schenkelknochenförmige Stärkekörner. In der Flüssigkeit gelöst sind Gummi, Zucker, geringe Mengen Eiweiss, Gerbstoff, verschiedene Salze und Alkaloide beobachtet worden. Der Milchsaft steht in den Röhren unter Druck und wird bei Verletzungen des Gewebes aus der Wunde ausgepresst. An der Luft gerinnt der Saft schnell und bildet einen provisorischen Wundverschluss, welcher das Eindringen von Pilzsporen verhindert. Ob die im Milchsaft enthaltenen Stoffe zum Theil noch bei der Ernährung der Pflanze eine Rolle spielen, oder ob dieselben ausgeschiedene Endprodukte des Stoffwechsels darstellen, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden.

Sekretschläuche. — Kalkkrystalle, Oeltropfen und Gerbstoffe, die gelegentlich als Inhalt beliebiger Zellen auftreten können, sind bei manchen Pflanzen auf bestimmte Zellen beschränkt, welche sich dadurch und häufig auch durch ihre sonstige Ausbildung von den benachbarten Zellen unterscheiden. Hierher gehören die Krystallschläuche, in denen die Einzelkrystalle und die in Schleim eingebetteten Raphidenbündel bei Agave und anderen enthalten sind; ferner die Oelzellen in den Lorbeerblättern, die Gerbstoffschläuche (Fig. 112C) u. a. m.

Intercellularräume. — Als Intercellularräume werden die Hohlräume in den Geweben bezeichnet, welche zwischen den Zellen liegen. Dieselben können in verschiedener Weise in dem ursprünglich lückenlosen Gewebe zustande kommen. Sehr häufig sind die Intercellularräume **schizogen**, d. h. dadurch entstanden, dass die aneinander grenzenden Zellen auseinander weichen, indem die gemeinsame Wand zwischen ihnen gespalten wird. Seltener ist die **lysogene** Entstehungsweise, bei welcher durch Auflösung ganzer Zellen in einem geschlossenen Gewebekomplex eine Höhlung gebildet wird. **Rhexigen** endlich nennt man die Intercellularräume, welche durch Zerreißen von Zellwänden zustande kommen. Die grosse Mehrzahl aller Intercellularräume enthält Luft. Die Räume zwischen den einzelnen Zellen stehen unter einander und durch bestimmte Ausgangsöffnungen mit der atmosphärischen Luft in Verbindung und

bilden ein Durchlüftungssystem, durch welches den einzelnen Zellen Athemluft und Kohlensäure zugeführt wird.

Bei einigen Pflanzen kommen neben den luftführenden auch sekret-haltige Interzellularräume vor. Die Harzgänge der meisten Nadelholzgewächse sind z. B. derartige Sekreträume. Dieselben bilden lange Röhren, welche mit zartwandigen Epithelzellen ausgekleidet sind, von denen aus das Sekret in den Interzellularraum abgeschieden wird (Fig. 113 A). Ähnliche Sekretgänge finden sich in Spross, Wurzel und Fruchtschale der Umbelliferen und bei anderen mehr. Die Harzgänge sind schizogen. Im jugendlichen Gewebetheile findet man am Querschnitt an der Stelle, welche



Figur 113.

A Querschnitt durch einen Harzgang aus dem Blatt von *Pinus austriaca*. *i* Interzellularraum, *e* die denselben auskleidenden Epithelzellen. **B** jüngeres Stadium; zwischen den inhaltsreichen Zellen ist der auftretende Harzgang als schmaler Spalt *i* sichtbar. **C** lysigene Oellücke aus der Fruchtknotenwand von *Citrus*. **D** jüngeres Stadium derselben.

später von einem Harzgang eingenommen wird, eine einzige inhaltsreiche Zelle, welche sich später kreuzweise in vier oder sechs Zellen theilt; diese weichen an der Berührungskante aus einander, so dass ein enger Interzellulargang entsteht, in dem alsbald ein Sekrettropfen auftritt (Fig. 113 B). Später erweitert und rundet sich der Kanal, indem die Zahl der Secernierungszellen durch Theilung vermehrt wird.

Als ein Beispiel lysigener Sekreträume mögen die Oellücken der Fruchtknotenwand von *Citrus* erwähnt sein (Fig. 113 C u. D). In genügend jungen Stadien findet man auf Schnitten rundliche Komplexe inhaltsreicher Zellen. Später lösen sich die Zellen zunächst in der Mitte des Complexes aus ihrem Verbands, indem die Zellwände verschwinden. Aus dem Inhalt

der aufgelösten Zellen geht das Sekret hervor, welches den entstandenen Hohlraum erfüllt. Indem in der Folge immer mehr Zellen der Auflösung anheimfallen, vergrößert sich die Oellücke und die Menge des Sekretes. In Blättern und Früchten anderer Aurantheen, sowie bei den Ruteen und Diosmeen sind ähnliche lysigene Oellücken vorhanden.

c) Eintheilung der Gewebe.

Die im Vorstehenden aufgezählten Formelemente der Gewebe sind im Pflanzenkörper nicht regellos vertheilt, sondern sie sind zu Gewebesystemen mit einander verbunden. Wir unterscheiden bei den höheren Pflanzen leicht zwei Gewebesysteme, das Hautgewebe und die Gefässbündel, welche durch Lage, Bau und Funktion ziemlich scharf von den übrigen Gewebetheilen des Pflanzenkörpers, die wir mit einem gemeinsamen Namen als Grundgewebe bezeichnen, abgegrenzt sind. Das **Hautgewebe** überzieht äusserlich alle Theile des Pflanzenkörpers; es ist durch diese Lage und durch das Vorkommen verkorkter Zellwände oder Wandtheile am besten charakterisirt. Die **Gefässbündel** durchziehen das Innere des Pflanzenkörpers strangartig; nie fehlende Elemente sind Gefässe oder Tracheiden und Siebröhren. Das **Grundgewebe** besteht der Hauptsache nach aus Parenchym in je nach der Funktion veränderter Ausbildung, dem vereinzelt oder in Gruppen andere Formelemente eingefügt sind.

2. Das Hautgewebe.

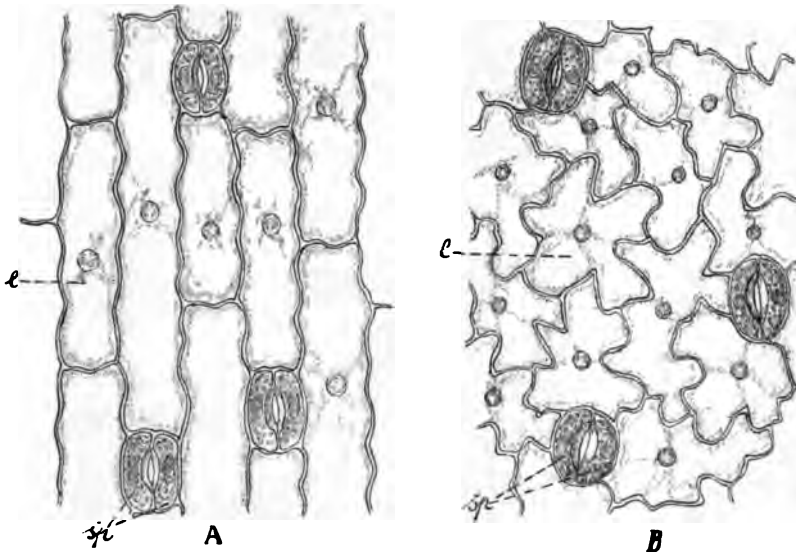
Das Hautgewebe schützt die Pflanzentheile gegen mechanische Verletzung und gegen das Eindringen von Parasiten. ferner vermittelt und regulirt dasselbe die Wasserverdunstung und den Gasaustausch im Pflanzenkörper.

a) Die Epidermis.

Die Blätter und die jugendlichen Spross- und Wurzeltheile der höheren Pflanzen sind von einer gewöhnlich einfachen Schicht von Zellen **überzogen**, welche eine theilweise verkorkte Aussenwand besitzen und meistens auch durch den Mangel an Chlorophyllkörpern von dem darunter liegenden Gewebe sich unterscheiden. Diese Hautschicht wird als Epidermis bezeichnet. Die **Epidermiszellen** schliessen lückenlos aneinander, nur an bestimmten, mit der Luft in Berührung befindlichen Stellen sind Intercellularräume, die **Spaltöffnungen**, vorhanden, welche von abweichend gebauten Zellen, den Schliesszellen, umgeben sind. Zu der Epidermis sind auch die mannigfaltigen **Haarbildungen** zu rechnen, welche sich auf jugendlichen Pflanzentheilen finden. Bisweilen wird die Epidermis mehrschichtig, indem in den ursprünglich einfachen Epidermiszellen Querwände parallel zur Oberfläche auftreten. Bei anderen Pflanzen wird das Hautgewebe in seiner Funktion von einer oder mehreren angrenzenden Zellschichten unterstützt, welche eine dementsprechende Ausbildung erfahren. Man bezeichnet derartige an der Hautbildung theilnehmende innere Schichten als **Hypoderm**.

Epidermiszellen. — Die Epidermiszellen enthalten lebendes Protoplasma mit Zellkern, Leucoplasten und wässrigem Zellsaft. Chlorophyll ist meistens nicht vorhanden, nur bei den Schattenpflanzen und bei untergetauchten Theilen der Wasserpflanzen finden sich auch in den Epidermiszellen Chlorophyllkörper vor.

Die Form der Epidermiszellen ist oft an den Theilen derselben Pflanze verschieden. Bisweilen sind die Zellen in der Längsrichtung des betreffenden Pflanzentheiles gestreckt, bisweilen sind die Durchmesser der Epidermiszellen parallel zur Oberfläche annähernd gleich. Die Höhe der Zellen, d. h. ihre Dimension senkrecht zur Oberfläche ist meist geringer als die seitlichen Dimensionen, doch kommt auch der umgekehrte Fall oder



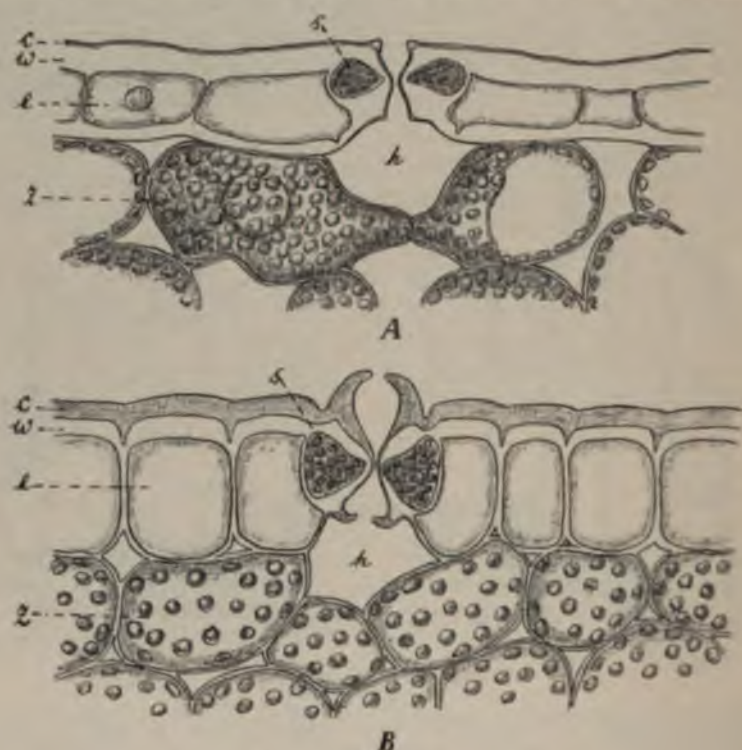
Figur 114.

A Stück der Epidermis der Blattunterseite von *Lilium candidum*. **B** Stück der Epidermis der Blattunterseite von *Ranunculus Ficaria*. *e* Epidermiszelle, *sp* Schliesszellen einer Spaltöffnung.

annähernde Gleichheit der Dimensionen nicht selten vor. Die Seitenwände sind bisweilen wellig verbogen, wodurch die Festigkeit des Zellverbandes bedeutend erhöht wird (Figur 114). Die Dicke der Seiten- und Innenwände ist meistens nicht sehr beträchtlich, gewöhnlich sind zahlreiche Tüpfel in den Wänden vorhanden. Im Gegensatz dazu finden wir die Aussenwand häufig stark verdickt, besonders bei Gewächsen, deren Standortsverhältnisse eine Herabsetzung der Wasserverdunstung erfordern. Die äusserste Schicht der Epidermiszellen wird überall von einer Korklamelle, der Cutikula, gebildet, wodurch die Durchlässigkeit der Wand für Wasserdampf verringert oder aufgehoben wird. Häufig sind auch die der Cutikula zunächst liegenden Schichten der Cellulosewand mit Korkstoff mehr oder weniger imprägnirt. An Querschnitten lässt sich die

Cutikula leicht nachweisen. Bei Zusatz von Chlorzinkjod nimmt die Cutikula eine braungelbe, der aus Cellulose bestehende Theil der Wand eine blaue Farbe an; wenn man die Cellulose durch Schwefelsäure zerstört, so bleibt die Cutikula als dünnes Häutchen im Präparat zurück.

Bisweilen ist die Wirkung der Cutikula durch Einlagerung von Wachskörnchen erhöht oder es bildet sich auf der Oberfläche der Cutikula eine Wachausscheidung, die entweder nur als zarter, bläulicher Reif



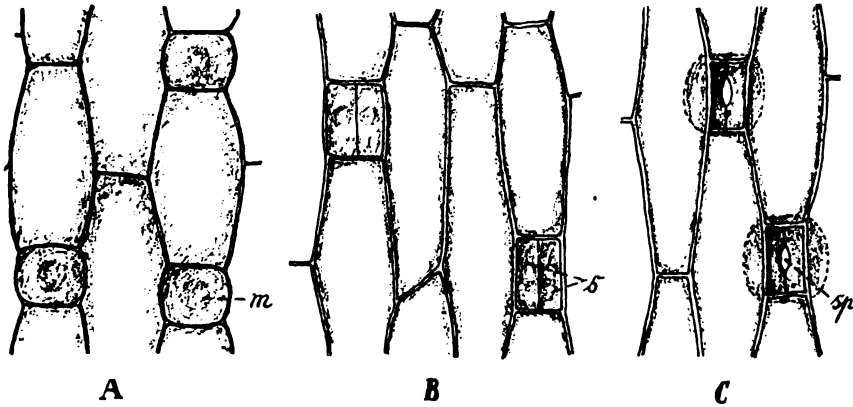
Figur 115.

A Theil eines Querschnittes des Blattes von *Tulipa Gessneriana*. **B** Theil eines Querschnittes des Blattes von *Clivia nobilis*. *z* Epidermiszelle, *c* Cuticula, *w* der aus Cellulose gebildete Theil der Zellwand, *s* Schliesszelle der Spaltöffnung, *z* Zellen des inneren Blattgewebes, *h* Athemböhle.

erscheint wie bei unsern Zwetschen und bei den Blättern mancher Sedumarten, oder eine mächtigere Ausbildung gewinnt und in dichter, aus Körnchen oder Stäbchen gebildeter Schicht die Oberfläche bedeckt. Der Wachsüberzug macht die Pflanzentheile zugleich unbenetzbar.

Spaltöffnungen. — Die Kommunikation des Innern der jungen Pflanzentheile mit der Atmosphäre wird durch die Spaltöffnungen vermittelt. Jede Spaltöffnung besteht aus zwei im Verbande mit den Epidermiszellen stehenden Schliesszellen, zwischen denen sich eine Spalte als Eingangs-

öffnung in das Innere des Gewebes befindet (Fig. 114). Unterhalb der Spaltöffnung befindet sich im Gewebe meist eine grössere Interzellularlücke, welche als Athemhöhle bezeichnet wird (Fig. 115). Die Schliesszellen besitzen lebendes Protoplasma mit Zellkern und Chlorophyllkörpern und enthalten gewöhnlich viele Stärke. Sie haben von oben gesehen meistens Bohnenform; an ihren beiden Enden sind sie fest mit einander verwachsen, während der mittlere Theil der Berührungsseite an die Spalte grenzt. Auf dem Querschnitt erkennt man, dass die Zellwand an den verschiedenen Seiten ungleich stark verdickt ist. Häufig sind oberhalb und unterhalb des eigentlichen Spalteneinganges leistenförmige Vorsprünge an den Zellen vorhanden, welche auf dem Querschnitt als Zacken oder Hörnchen erscheinen (Fig. 115). Die Cutikula der Epidermis setzt sich über die Oberfläche der Schliesszellen meist bis in die Athemhöhle hinein fort. Die ungleichmässige Ausbreitung der Verdickungsschichten bewirkt, dass die Form der Schliesszellen verändert wird, wenn der durch den Inhalt auf die Wand ausgeübte Druck sich ändert. Sind die Zellen mit Wasser reich-



Figur 116.

Entwicklung der Spaltöffnungen in der Epidermis des Blattes der Schwertlilie.

A jüngstes Stadium; zwischen den gestreckten Epidermiszellen liegen die kurzen, inhaltsreichen Spaltöffnungsmutterzellen *m*. **B** durch eine zarte Längswand sind die Mutterzellen in zwei Zellen *s*, die späteren Schliesszellen der Spaltöffnung getheilt. **C** durch Spaltung der Längswand ist die Spalte *sp* zwischen den Schliesszellen entstanden.

lich versehen, so sind sie stark gekrümmt; die Ränder der Spalte sind möglichst weit aus einander gerückt und lassen einen weiten Zugang zu der Athemhöhle und zum Blattinnern offen, so dass Wasserdampf ungehindert austreten kann. Wird das Wasser durch Verdunstung allmählich vermindert, so strecken die schlaffwerdenden Zellen sich mehr und mehr gerade, die Ränder der Spalte rücken ganz nahe an einander und vermindern, indem sie dem Wasserdampf den Ausweg erschweren, die Verdunstung.

Die den Schliesszellen unmittelbar benachbarten Zellen sind bei manchen Pflanzen anders gebaut als die übrigen Epidermiszellen und

werden dann als Nebenzellen bezeichnet. Sie stellen meistens Uebergangsformen zwischen den gewöhnlichen Epidermiszellen und den Schliesszellen dar und wirken in manchen Fällen mit bei dem Oeffnen und Schliessen der Spalte.

Die Spaltöffnungen finden sich hauptsächlich nur an solchen Pflanzentheilen, welche mit der Luft in unmittelbarer Berührung stehen. Bei den Wasserpflanzen sind die untergetauchten Theile ganz oder fast ganz ohne Spaltöffnungen, die Schwimmblätter haben dieselben auf ihrer Oberfläche. Bei den Landpflanzen ist dagegen die Zahl der Spaltöffnungen meist auf der Blattunterseite grösser als auf der Oberseite.

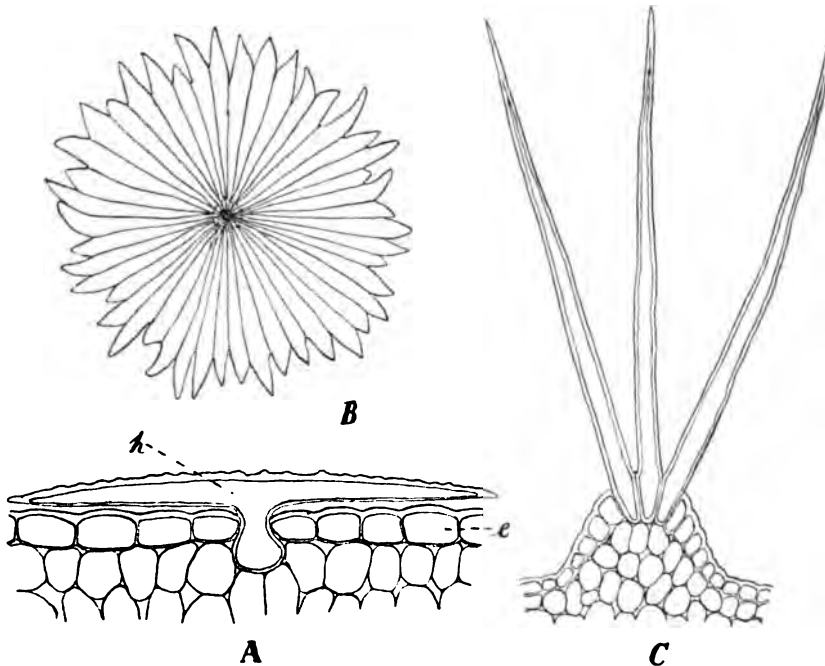
Die Spaltöffnungen werden schon früh an dem jungen Blatte angelegt. Bei den Blättern von *Iris* (Fig. 116) erkennt man schon frühzeitig zwischen den mehr gestreckten Epidermiszellen einzelne kurze, inhaltsreiche Zellen als die Mutterzellen der Spaltöffnungen. Die Mutterzellen theilen sich später durch eine Längswand. Die beiden Tochterzellen werden zu Schliesszellen, zwischen denen durch Spaltung der Trennungswand die Eröffnung der Spalte erfolgt.

Neben den Spaltöffnungen, welche die Ausgänge der lufthaltigen Interzellularräume darstellen, finden sich bei vielen Pflanzen ähnliche Spaltöffnungen, welche zur Ausscheidung von Wassertropfen eingerichtet sind. Dieselben werden als **Wasserspalt** bezeichnet. Sie unterscheiden sich von den Luftspalten hauptsächlich durch ihre Grösse und durch die Unbeweglichkeit der Schliesszellen. Die Wasserspalt liegen meist in der Nähe des Blattrandes über den Gefässbündelendigungen; der Interzellularraum der Spalte steht mit den luftführenden Interzellularräumen nicht in direkter Verbindung.

Haarbildungen — Indem einzelne Epidermiszellen oder Gruppen derselben über die Oberfläche emporwachsen, entstehen Trichome, d. h. Haare oder haarähnliche Gebilde, welche die Oberfläche der meisten jungen Pflanzentheile mehr oder minder dicht bedecken. In vielen Fällen bleiben die zu Haaren auswachsenden Epidermiszellen ungetheilt, die Haare sind also einzellig. In anderen Fällen treten Theilungswände auf, so dass Zellreihen oder gar Zellflächen und Zellkörper entstehen. Die äussere Gestalt der Haare ist häufig kegelförmig oder cylindrisch; nicht selten kommen Verzweigungen vor und zwar können, wie das Beispiel von *Cheiranthus Cheiri* (Fig. 117A) beweist, auch einzellige Haare verzweigt sein. Bisweilen geht die Verzweigung des Haargebildes schon von der zum Haar auswachsenden Epidermiszelle aus. So werden z. B. bei *Althaea rosea* die Trichommutterzellen noch bevor sie über die Epidermis hervortreten in zwei, drei, vier oder mehr gleichwerthige Zellen getheilt, die zu kegelförmigen Haaren auswachsen. Man bezeichnet diese Haarbildungen als Buschelhaare (Fig. 117C). Zu den verzweigten Haaren sind auch die Sternhaare zu rechnen, bei denen vom oberen Ende eines wenig über die Epidermis hervortretenden, mehrzelligen Stieles eine grössere Anzahl von Seitenzweigen parallel zur Oberfläche des Pflanzentheiles nach allen Richtungen hin ausstrahlt. Oft sind diese Strahlen dicht gedrängt und seitlich mit einander verwachsen, wie es z. B. bei den Schuppenhaaren von *Hippophaë* (Fig. 117B) der Fall ist.

An ihrem oberen Ende sind die Haare und ihre Aeste meist spitz ausgezogen, bisweilen ist jedoch sowohl bei einzelligen als bei mehrzelligen Haaren das obere Ende abgerundet oder kopfig verdickt.

Im jugendlichen Zustande enthalten die Zellen der Haare selbstverständlich lebendes Protoplasma, bei manchen Haargebilden bleibt der lebende Inhalt dauernd erhalten, bei anderen geht er bald zu Grunde und an seine Stelle tritt Luft in den Hohlraum der Haare ein. Die Lebensdauer der Haare ist sehr verschieden, während bei einzelnen Pflanzen



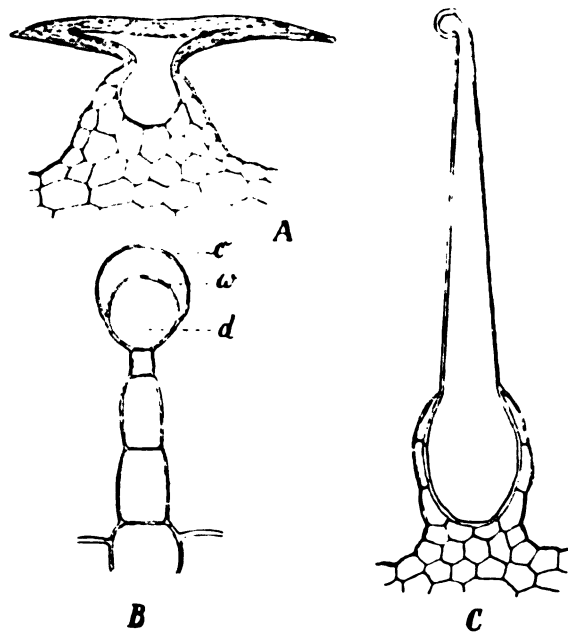
Figur 117.

A Stück vom Längsschnitt des Blattes von *Cheiranthus Cheiri*. *e* Epidermis, *h* einzelliges, zweiarmliges Haar, welches mit einem kurzen Stiel zwischen den Epidermiszellen eingefügt ist. **B** Sternhaar von *Hippophaë rhamnoides* von oben gesehen. **C** Schnitt durch die Basis eines Büschelhaares von *Althaea rosea*.

die Haare für die ganze Lebenszeit der Epidermis erhalten bleiben, sind bei andern die ganz jugendlichen noch nicht ausgewachsenen Theile mit Haaren bedeckt, welche später abgeworfen werden, so sind z. B. die Blätter der Buchen in der frühen Jugend silberhaarig, im ausgewachsenen Zustande aber völlig kahl.

Manche Haarbildungen haben für die Lebensverrichtungen der Pflanze eine leicht erkennbare Bedeutung, man kann nach der Funktion verschiedene Trichomarten unterscheiden, von denen einige häufiger auftretende im Folgenden kurz besprochen werden sollen.

Als **Wollhaare** bezeichnet man lange cylindrische mit Luft erfüllte Haare, welche in dichtem Filz die Oberfläche der Epidermis überziehen. Sie bilden ein Mittel zur Herabsetzung der Wasserverdunstung in der Pflanze, indem sie über der Epidermis ein System ruhender Luftschichten abschliessen, durch welches die Abgabe des Wasserdampfes an die Atmosphäre nur langsam erfolgen kann. Eine gleiche Function werden die Schuppenhaare und die Sternhaare erfüllen, deren Form oben beschrieben worden ist.



Figur 118.

Verschiedene Haarformen im optischen Längsschnitt. **A** Klimmhaare des Hopfens. **B** Drüsenhaar von *Primula sinensis*. *d* Die das Oel abscheidende Endzelle des Haares. *c* Die Cuticula *w* von der Cellulosewand *w* abgehoben, der Hohlraum zwischen den beiden Wandschichten enthält das abgeschiedene Oel. **C** Brennhaar der Nessel. Die Haarzelle steckt mit ihrem unteren keulenförmigen Ende in einer von den benachbarten Epidermiszellen gebildeten Tasche.

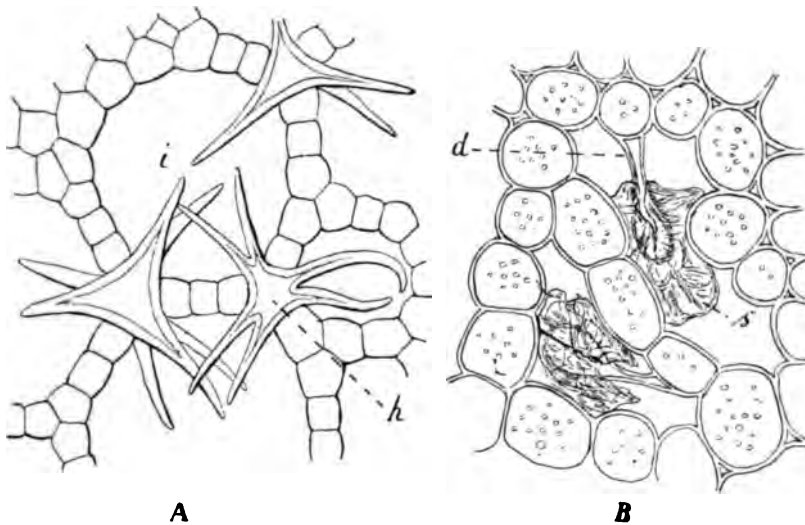
welche das Sekretionsorgan darstellt (Fig. 118 B). Das Sekret wird in der Zellwand und zwar zwischen der Cuticula und der Cellulosemembran der Aussenwand abgelagert. Indem die Menge des Sekretes sich allmählich vergrößert, wird die Cuticula mehr und mehr von der Zelle abgehoben, bis sie endlich zerreisst und das Sekret entlässt. Den Drüsenhaaren sind die Leimzotten in ihrer Function ähnlich. Sie bilden schuppenartige Zellflächen oder Zellkörper, welche aber ebenfalls aus einzelnen Epidermiszellen hervorgegangen sind. Leimzotten kommen an den Winterknospen mancher Bäume.

An den Sprossen des Hopfens stehen zahlreiche zweiarmlige Haare mit sehr fester Wand. Dieselben haken sich leicht in die Unebenheiten der Gegenstände ein, mit denen die Sprosse in Berührung kommen. Sie unterstützen dadurch den windenden Spross der Pflanze, indem sie denselben an der umschlungenen Stütze befestigen. Man bezeichnet diese hakenförmigen Haare, die sich auch noch bei andern Pflanzen finden, als **Klimmhaare** (Fig. 118 A).

Die **Drüsenhaare**, welche bei sehr vielen Pflanzen, z. B. bei den Labiaten, den Primeln, den Pelargonien u. a. m. sich finden, sondern Sekrete, meistens ätherische Oele ab. Auf kürzerem oder längerem cylindrischen Stiel ist bei ihnen eine kugelförmige Endzelle oder Zellgruppe vorhanden,

z. B. der Rosskastanie, vor. Das harzige Sekret derselben überzieht beim Austreiben der Knospen die jugendlichen Blätter und schützt dieselben gegen zu starke Wasserverdunstung.

Als Schutzorgane gegen Thierfrass sind die **Brennhaare** anzusehen, welche ausser bei andern Pflanzen bei den einheimischen Brennesseln in typischer Ausbildung auftreten (Fig. 118 C). Die Brennhaare sind einzellig und kegelförmig. Ihre Basis ist stark angeschwollen und steckt in einer von den umgebenden Epidermiszellen gebildeten Tasche. Das obere allmählich verjüngte Ende schliesst mit einem kugelförmigen Knöpfchen ab. Die Zellwand ist gegen die Spitze des Haares hin verkieselt und in Folge dessen sehr zerbrechlich. Bei der Berührung der mit Brennhaaren besetzten



Figur 119.

Innere Haare **A** aus dem Querschnitt des Sprosses von *Limnanthemum cristatum*. *i* grosser Interzellularraum. *h* vielarmige Haarzelle, deren Arme in verschiedene Interzellularräume hineinreichen, **B** aus dem Längsschnitt durch eine Blattbasis von *Aspidium Filix mas* (nach Tschirch). *d* innere Drüsenhaare, deren Kopf mit dem erhärteten Sekret *s* überzogen ist.

Pflanzentheile bricht die Spitze der in die Haut eindringenden Brennhaare ab, der Ameisensäure enthaltende Zellsaft fliesst aus und erzeugt das lästige Jucken der unsichtbaren Verletzungen.

Gleichfalls zum Schutz gegen Thierfrass bisweilen aber auch als Haft- und Klimmorgane dienen die **Stacheln**, für welche wir bei den Rosen und Brombeeren typische Beispiele finden. Die Stacheln sind feste, holzharte Zellkörper, welche mit breiter Basis den Pflanzentheilen aufsitzen, nach oben hin sich schnell verschmälern und in einer scharfen, bisweilen hakenförmig gekrümmten Spitze endigen. Sie sind, wie ihre Entwicklungsgeschichte lehrt, aus Epidermiszellen durch Wachstum und Zelltheilung hervorgegangen und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Dornen, die durch Umwandlung von Sprossen und Blättern entstehen.

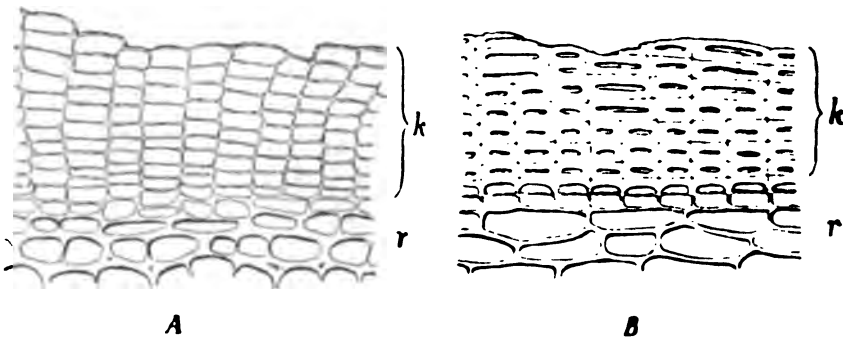
Die langen Haare, welche aus der Samenschale mancher Pflanzen entspringen, z. B. die Wollhaare am Samen der Baumwollpflanze, der Pappeln und Weiden (Fig. 2 B) bilden einen **Flugapparat**, welcher die Verbreitung des Samens durch den Wind ermöglicht.

Endlich sind auch die aus der Epidermis der jungen Wurzeltheile entspringenden **Wurzelhaare** (Fig. 22) hier zu erwähnen, welche, wie früher gezeigt worden ist, als Aufnahmeorgane für Wasser und Nährstoffe dienen.

Es kommen bei den Pflanzen, wenn auch vereinzelt, Haarbildungen vor, welche nicht der Epidermis angehören, dieselben werden als innere Haare bezeichnet. Einige Beispiele (Fig. 119) mögen hier anhangsweise Erwähnung finden. Bei manchen Wasserpflanzen, z. B. den Seerosen, finden wir im Innern des Sprosses und des Blattes einzelne Parenchymzellen zu geweihartig verzweigten Haaren ausgewachsen, welche in die weiten Interzellularräume hineinragen. In dem Rhizom des Wurmfarms *Aspidium Filix mas* tritt eine andere Art innerer Haare auf, es sind Drüsenhaare, welche sich als Auswüchse einzelner Parenchymzellen in den Interzellularräumen entwickeln. Eine Cutikula ist bei ihnen nicht vorhanden, das Sekret tritt frei an der Aussenseite des kopfigen Zellendes hervor.

b) Das Korkgewebe.

An ausdauernden Pflanzentheilen, welche in die Dicke wachsen, geht die Epidermis mit allen zu ihr gehörenden Bildungen früher oder später zu Grunde. An ihrer Stelle finden wir dann eine mehr oder minder mächtige graue oder bräunliche Gewebeschicht, deren Zellwände verkorkt sind und deren äusserste Zellen meist Luft enthalten. Diese die älteren Pflanzentheile



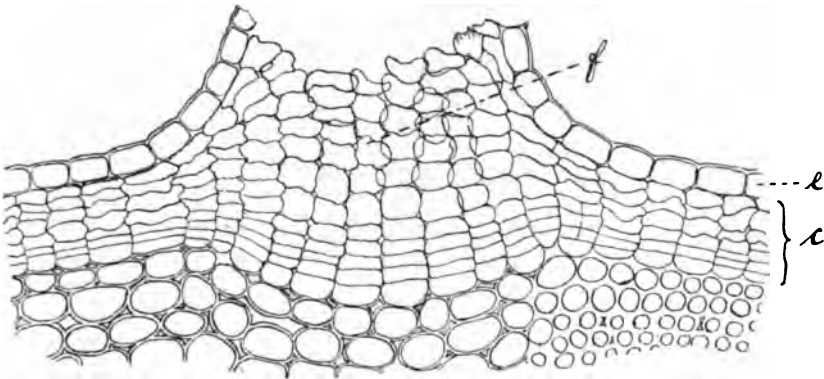
Figur 120.

A Querschnitt durch die äussere Rinde von *Rhamnus Frangula*. **B** Querschnitt durch die äussere Rinde von *Cytisus Laburnum*. *k* Korkschicht, *r* Rindenparenchym. Der Zellinhalt ist nicht gezeichnet.

umhüllende Gewebeschicht wird als **Kork** oder als **Periderm** bezeichnet. Die Korkzellen sind ziemlich gleichmässig tafelförmig und in regelmässigen radialen Reihen angeordnet (Fig. 120). Sie schliessen, wie die Epidermiszellen, lückenlos aneinander und bilden dadurch sowie durch die Beschaffenheit ihrer Wände und durch den Luftgehalt für die Pflanzentheile eine schützende

Hülle gegen mechanische Verletzung, gegen das Eindringen von Parasiten, gegen Wärmeverlust und gegen Wasserverdunstung. In manchen Fällen ist die Wand der Korkzellen nur dünn, bisweilen, z. B. bei *Cytisus Laburnum*, erreicht sie dagegen eine beträchtliche Dicke und man kann dann mit Hülfe geeigneter Reagentien erkennen, dass die Wand aus mehreren Schichten von verschiedener Beschaffenheit besteht. Die Mittellamelle ist verholzt, jederseits grenzt an dieselbe eine breitere verkorkte Schicht, welche nach dem Zellinnern zu von einer Lamelle aus reiner Cellulose überkleidet ist.

Die Korkschicht, welche die älteren Pflanzentheile umgiebt, ist an bestimmten Stellen von Durchlassöffnungen, den Rindenporen oder Lenticellen, durchbrochen (Fig. 121). Die Lenticellen sind eng umschriebene Parteen des Periderms, in welchen die Zellen nicht lückenlos aneinander schliessen, sondern abgerundet sind und Intercellularräume zwischen sich lassen, welche sich als Luftkanäle in radialer Richtung bis in das Innere des



Figur 121.

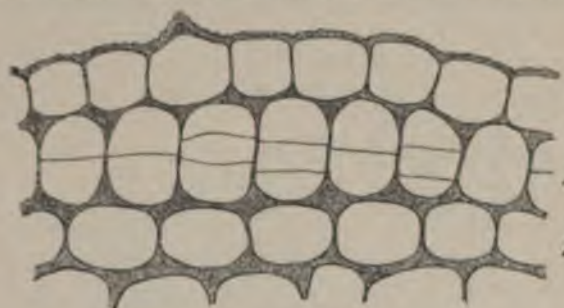
Lenticelle im Kork des Sprosses von *Sambucus nigra*. *e* Epidermis, *c* Korkschicht, *f* Füllzellen.

Pflanzentheiles fortsetzen und das Intercellularsystem desselben mit der atmosphärischen Luft in Verbindung bringen. Die Zellen der Rindenporen werden Füllzellen genannt; sie unterscheiden sich von den Korkzellen ausser durch ihre lockere Verbindung wesentlich dadurch, dass sie lange Zeit einen lebenden Plasmainhalt und eine zarte unverkorkte Wand besitzen.

Die Entstehung des Korkgewebes an den älteren Pflanzentheilen geht in der Regel von einer unterhalb der Epidermis, bisweilen etwas tiefer im Gewebe liegenden Zellschicht aus, nur selten bilden die Zellen der Epidermis selber den Ursprung. Im ersten Anfangsstadium sieht man in den betreffenden Ursprungszellen Querwände parallel zur Oberfläche des Pflanzentheiles auftreten (Fig. 122). Die so entstandenen Tochterzellen vergrössern sich durch Wachstum und je eine derselben theilt sich fortgesetzt durch gleichgerichtete Theilungswände. Auf diese Weise geht aus jeder dieser Zellen nach aussen hin eine radiale Zellreihe hervor, deren Zellwände verkorken und deren Zellinhalt später durch Luft ersetzt wird. Die Schicht

der sich fortgesetzt theilenden Zellen wird als **Korkcambium** oder **Phellogen** bezeichnet. Bei den meisten Pflanzen werden von den Zellen des Korkcambiums nicht nur nach aussen sondern auch nach dem Innern des Pflanzenkörpers hin neue Zellen abgeschnitten. Die dadurch entstehenden Zellschichten, welche **Phelloderm** genannt werden, schliessen sich in ihrer Ausbildung den Zellen des nach innen zu unmittelbar an sie grenzenden Grundgewebes an; ihre Wände bleiben unverkorkt.

Durch die Ausbildung der Korkschicht unterhalb der Epidermis wird die letztere von dem Zusammenhang mit dem lebenden Gewebe des Pflanzentheiles abgeschnitten und geht zu Grunde. Entsteht das Korkcambium in tieferen Schichten der Rinde, so werden dadurch alle weiter aussen gelegenen Rindentheile zum Absterben gebracht und endlich als **Borke** abgeworfen. Bei manchen Holzpflanzen, z. B. der Buche, bleibt das zuerst auftretende Korkcambium dauernd erhalten und erzeugt fortgesetzt neue Korkzellen.



Figur 122.

Beginnende Korkbildung in der Zellschicht unter der Epidermis des Sprosses von *Habrothamnus corymbosus*. *e* Epidermis, *c* Zellschicht, aus welcher der Kork hervorgeht, *r* parenchymatische Rindenzellen.

Bisweilen erreicht die Korkschicht eine beträchtliche Dicke; bekannt ist die mächtige Korkbildung bei der Korkeiche, *Quercus suber*, welche den Flaschenkork liefert. Bisweilen werden aber die äussersten Korkzellen in der Masse abgestossen, wie von innen her ein Zuwachs erfolgt, so dass, wie es z. B. bei der Buche ist, auch im hohen Alter die Korkschicht nicht

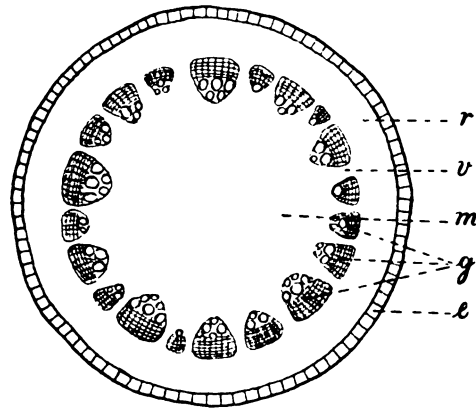
viel mächtiger erscheint als in den ersten Lebensjahren. Die meisten Holzgewächse bilden später von Zeit zu Zeit in tiefer gelegenen Rindenschichten neue Korklagen aus; alles ausserhalb derselben gelegene Gewebe stirbt ab und wird zur Borke. Bei den Arten, deren erste Korkschicht in tiefer gelegenen Zellschichten der Rinde angelegt wurde, treten auch die späteren Korklagen als zusammenhängende Schicht in tieferen Rindenschichten auf, so dass also jedesmal ein mantelförmiger Theil der Rinde abgeschnitten und der Borke hinzugefügt wird. Man bezeichnet diese Borkenbildung als **Ringelborke**. Bei den Arten, deren erste Korkschicht an der Oberfläche angelegt wurde, schneiden die später auftretenden Korkschichten, indem sie mit ihrem Rande sich an die äusserste Korklage ansetzen, nur kleinere schuppenförmige Stücke aus der Rinde heraus, die so gebildete Borke wird **Schuppenborke** genannt, ein Beispiel bietet die Platane.

Kork tritt bisweilen auch als Verschluss von Verletzungen besonders an saftreichen Theilen des Pflanzenkörpers auf. Wenn z. B. ein Blatt verwundet wird, so werden von den an die Wunde grenzenden unverletzten Zellen einige tafelförmige Zellen durch Wände abgetrennt und zu Kork-

zellen ausgebildet, ebenso bildet sich an einer zerschnittenen Kartoffel auf der Schnittfläche eine dünne Korkschicht als Wundverschluss aus. Auch die Narben, welche durch das Abfallen der Blätter an unsern Laubbäumen entstehen, sind durch Korkgewebe verschlossen, dessen Zellen schon vor der Ablösung des Blattes angelegt wurden.

3. Das Grundgewebe.

Das Grundgewebe füllt den Raum zwischen dem Hautgewebe und den Gefässbündeln der Pflanzentheile aus. In den Sprossen mancher höheren Pflanzen, in denen die Gefässbündel zu einem Netzwerk von cylindrischer Gestalt verbunden sind, wird durch den Gefässbündelcylinder das Grundgewebe in zwei Theile getrennt (Fig. 123). Der centrale Strang im Innern des Cylinders wird als **Mark** bezeichnet, die mantelförmige Grundgewebemasse, welche den Raum zwischen dem Gefässbündelcylinder und dem Hautgewebe ausfüllt, heisst **primäre Rinde** oder **Aussenrinde**. Die Grundgewebepartien, welche durch die Maschen des Gefässbündelcylinders hindurch die Verbindung zwischen der primären Rinde und dem Mark herstellen, werden **Markverbindungen** genannt. In Pflanzentheilen, in denen die Gefässbündel zu einem centralen Strang zusammentreten, kann natürlich kein Mark, sondern nur Aussenrinde als Grundgewebe vorhanden sein.



Figur 123.

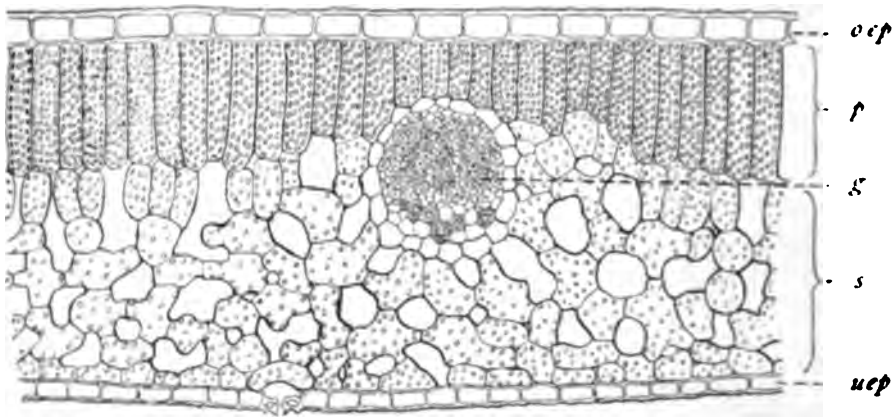
Schematischer Querschnitt eines Sprosses, welcher die Anordnung der Gewebesysteme zeigt. *e* Das Hautgewebe, *g* die Gefässbündel. Der weissgelassene Theil des Querschnittes wird vom Grundgewebe eingenommen. *m* Mark, *r* Rinde, *v* Markverbindung.

Das Grundgewebe besteht gewöhnlich zum grössten Theil aus parenchymatischen Zellen verschiedener Ausbildung, indess kommen auch prosenchymatische Elemente in grösserer Menge vor. Man kann nach der Art der physiologischen Leistungen verschiedene Gewebesysteme im Grundgewebe unterscheiden, von denen das Assimilationsgewebe, das Speichergewebe und das Festigungsgewebe die wichtigsten sind und im Folgenden eingehender besprochen werden sollen. Die Sekretbehälter, welche häufig einen Bestandtheil des Grundgewebes darstellen, die Milchsaftschläuche, Harzgänge, Oellücken, Krystallzellen u. s. w. sind in der Regel nicht zu beträchtlichen Gewebemassen mit einander verbunden, sondern mehr vereinzelt zwischen die übrigen Elemente des Grundgewebes eingestreut.

Das Assimilationsgewebe. — Die Zellen des Assimilationsgewebes sind durch den Chlorophyllgehalt scharf charakterisirt, da die Assimilation nur bei Durchleuchtung der chlorophyllhaltigen Zellen erfolgt, so findet

sich das Assimilationsgewebe nur an denjenigen Stellen des Pflanzenkörpers, welche dem Lichte zugänglich sind, d. h. nahe der Oberfläche in der Regel unmittelbar unterhalb des Hautgewebes. In den Sprossen der Pflanzen sind dementsprechend nur die äussersten Lagen der primären Rinde als Assimilationsgewebe ausgebildet und sobald die Epidermis der Sprosse durch eine dickere Korkschicht ersetzt wird, ist das Assimilationsgewebe ausser Funktion gesetzt. Dünne, flächenförmige Pflanzentheile dagegen, wie die meisten Laubblätter, bestehen zum grössten Theil aus chlorophyllhaltigen Zellen.

Das Assimilationsgewebe wird ausschliesslich von parenchymatischen Zellen gebildet, zwischen denen luftführende Intercellularräume vorhanden sind. In den Blättern sind häufig die Zellen des Assimilationsparenchyms nach ihrer Lage zum einfallenden Licht verschiedenartig ausgebildet (Fig. 124).



Figur 124.

Theil des Blattquerschnittes von *Ligustrum coriaceum*. *o ep* Epidermis der Blattoberseite. *p* Pallisadenparenchym, *g* Gefässbündelquerschnitt, *s* Schwammparenchym, *u ep* Epidermis der Blattunterseite.

An der dem Licht zugekehrten Oberseite des Blattes sind die mit zahlreichen Chlorophyllkörpern versehenen Zellen senkrecht zur Blattoberfläche gestreckt und besitzen also eine prismatische oder cylindrische Gestalt, sie schliessen zu einem dichten Lager zusammen und lassen meist nur an den Längskanten schmale Luftkanäle zwischen sich frei. Man bezeichnet diese Ausbildungsform des Assimilationsgewebes als Pallisadenparenchym. An der Blattunterseite dagegen sind weite Intercellulargänge zwischen den mehr runden oder unregelmässig gestalteten Chlorophyllzellen vorhanden. Diese Gewebeform wird als Schwammparenchym bezeichnet.

Die Zellen des Schwammparenchyms sind verhältnissmässig arm an Chlorophyllkörpern, darauf und auf dem reichen Luftgehalt des Gewebes beruht die bleichgrüne Färbung, welche die Unterseite mancher Laubblätter von der kräftig grünen Oberseite unterscheidet. Neben den bifacialen Blättern mit verschieden gebauter Ober- und Unterseite kommen, wenn

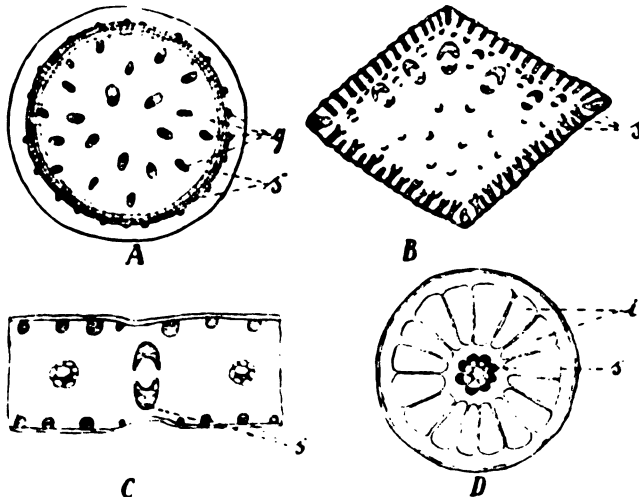
auch seltener, isolaterale und centrisch gebaute Blätter vor, bei denen ringsherum Pallisadenparenchym vorhanden ist, oder bei denen das ganze Assimilationsgewebe von Schwammparenchym gebildet wird.

Das Speichergewebe. — Wie das Assimilationsgewebe durch seinen Chlorophyllgehalt, so ist das Speichergewebe durch den Gehalt an Reservenernährungsstoffen, Stärke, Aleuron, Reservecellulose u. s. w. charakterisirt. Seiner Function entsprechend, finden wir das Speichergewebe stets als vorwiegenden Bestandtheil aller Reservestoffbehälter, der Wurzelknollen, der Sprossknollen, des Samenendosperms, mancher Cotyledonen u. a. m., aber auch in den Sprossachsen der nicht metamorphosirten Pflanzentheile und in den Blättern ist Speichergewebe ausgebildet. Es besteht meist aus polyedrischen Parenchymzellen, zwischen denen die Interzellularräume nur sehr schwach entwickelt sind oder gänzlich fehlen. In den Laubblättern besteht das Speichergewebe oft nur aus einer einfachen Schicht von Parenchymzellen, welche die Gefässbündel überkleidet, sie wird als Stärkescheide bezeichnet und stellt zugleich die Leitbahn dar, in welcher die im Blatt erzeugten Assimilationsproducte von Zelle zu Zelle in den Spross hinabwandern.

Zum Speichergewebe muss auch das wasserreiche Parenchym gerechnet werden, welches das Innere succulenter Pflanzentheile erfüllt und ein Wasserreservoir darstellt, aus welchem in Zeiten der Trockenheit die übrigen Gewebe die zur Unterhaltung ihrer Lebensthätigkeit nöthige Feuchtigkeit beziehen.

Das Festigungsgewebe. — In lebenden Pflanzenzellen sind in Folge des Saftdruckes, welcher im Innern vorhanden ist, die Zellwände straff gespannt. Die innere Festigkeit, welche die Gewebe dadurch erhalten, genügt, um jugendliche Pflanzentheile von geringer Ausdehnung entgegen dem eigenen Gewicht und den Angriffen äusserer Kräfte aufrecht zu erhalten. In älteren Pflanzentheilen finden wir dagegen eigene Grundgewebeformen, Festigungsgewebe, ausgebildet, welche vorwiegend die innere Festigkeit der Organe bedingen und dieselben in Stand setzen, sich aufrecht zu erhalten und den durch Wind und Regen ausgeübten Zug-, Druck- und Biegungswirkungen zu widerstehen. Die Zellen der Festigungsgewebe, besitzen verdickte Wände und stehen mit einander in festem Verbande, auf diese Weise werden bisweilen strangartige Gewebestreifen gebildet, welche die Zugfestigkeit des Schmiedeeisens erreichen oder gar noch übertreffen. In Pflanzentheilen, welche noch in Wachsthum begriffen sind, wird das Festigungsgewebe von Collenchymsträngen gebildet, welche, da ja die Zellen einen lebenden Inhalt und wachsthumsfähige Wände besitzen, der Streckung des Organes durch Wachsthum zu folgen vermögen. In ausgewachsenen Pflanzenorganen dagegen, die eine längere Lebensdauer besitzen, besteht das Festigungsgewebe aus Sklerenchym, welches in einzelnen Fällen durch Umwandlung aus dem Collenchym entsteht, meist aber durch besondere Differenzirung einzelner Grundgewebepartien zu Stande kommt. Vorwiegend spielen dabei Sklerenchymfasern eine Rolle; Gruppen von Steinzellen kommen meist nur vereinzelt vor und sind von untergeordneter Bedeutung. Die Gesamtheit des Festigungsgewebes einer Pflanze wird als das mechanische System derselben bezeichnet. Die

einzelnen Theile des mechanischen Systems sind im Pflanzenkörper in der Weise angeordnet, dass mit möglichst geringem Material die grösste Leistungsfähigkeit erreicht wird (Fig. 125). In den freigestreckten oberirdischen

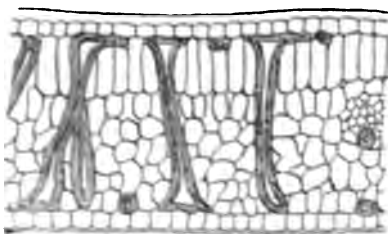


Figur 125

Vertheilung des Festigungsgewebes in den Organen. **A** Querschnitt des Bluthenschafes von *Ornithogalum Eclonii* — das mechanische Gewebe *s* schliesst zu einem ununterbrochenen Ringe zusammen, *g* die Gefässbündel. **B** Querschnitt des Blattes von *Dasylirion junceum* und **C** Theil des Blattquerschnittes von *Phoenix* (Haberlandt), *s* das aus strangartigen Faserbündeln bestehende mechanische Gewebe. **D** Querschnitt des Stammes von *Myriophyllum spicatum*. Der Spross besteht der Hauptsache nach aus Parenchym, in welchem grosse Lufträume *i* vorhanden sind. Das mechanische Gewebe *s* ist der Achse des Organs genähert. **A**, **B** u. **C** sind biegungsfeste Constructionen, **D** ist zugfest gebaut.

Pflanzentheilen, welche vorwiegend der durch den Wind, durch Regen- und Schneedruck und durch das eigene Gewicht veranlasseten Biegung zu widerstehen haben, sind die Strange des Festigungsgewebes möglichst weit an die Peripherie der Organe verlegt. In derselben Weise, wie in der Ingenieurtechnik I-förmige Eisenbalken und Rohren zur Herstellung von biegungsfesten Constructionen Verwendung finden, sehen wir in manchen oberirdischen Pflanzentheilen die Biegungsfestigkeit dadurch erreicht, dass ein-

zelne Streifen vom Festigungsgewebe an den gegenüberliegenden Seiten des Organes nahe der Oberfläche verlaufen, oder dass das Festigungs-



Figur 126

Theil d. Blattquerschnittes v. *Roupala villosa*. Dem assimilirenden Gewebe sind einzelne Sklerenchymzellen 'Idioblasten' eingefügt.

gewebe im Innern eines cylindrischen Pflanzentheiles einen röhrenförmigen Mantel darstellt, welcher auf dem Querschnitt als ein mit dem Umfange concentrischer, der Oberfläche genaherter Ring erscheint.

Viele unterirdische Pflanzentheile, Wurzeln und Rhizome, ferner die Sprosse der fluthenden Wasserpflanzen werden durch die Wirkung der äusseren Kräfte nicht auf Biegung, sondern hauptsächlich auf Zug in Anspruch genommen. Dementsprechend ist in ihnen das Festigungsgewebe der Achse genähert

und meist zu einem axilen Strange vereinigt. Gelegentlich kommen im Grundgewebe auch vereinzelte sklerenchymatische Zellen vor, ein typisches Beispiel bieten die als Idioblasten bezeichneten verästelten Sklerenchymzellen in dem Blattgewebe mancher Pflanzen dar (Fig. 126).

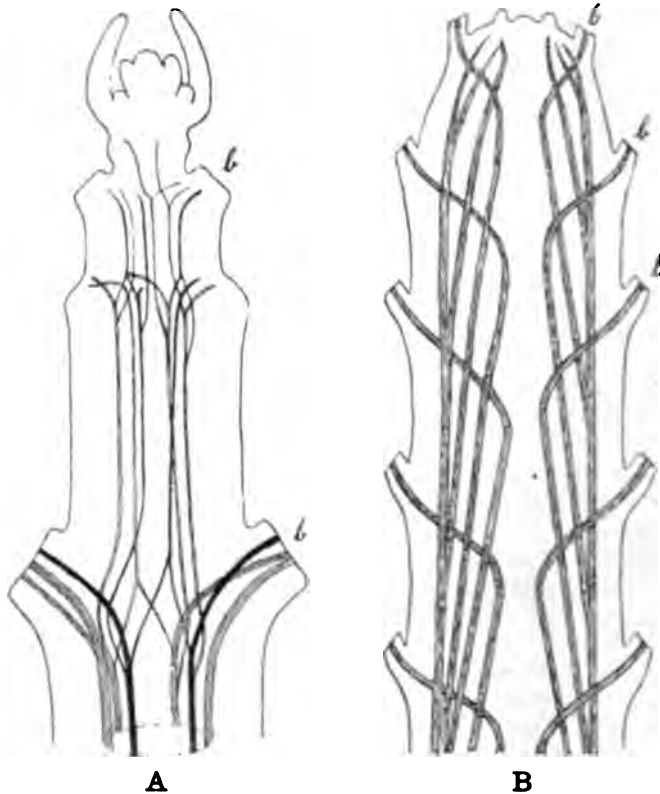
4. Die Gefässbündel.

Der Verlauf der Bündel. — Die Gefässbündel stellen die Leitungsbahnen für Wasser und Nährstoffe im Pflanzenkörper dar. Sie durchziehen strangartig alle Theile des Pflanzenkörpers, Wurzeln, Sprossachsen und Blätter. Am einfachsten ist die Anordnung der Gefässbündel in den Wurzeln; dort ist ein einziger centraler Gefässbündelstrang vorhanden, von dem aus ähnliche Stränge in die Seitenwurzeln abgehen. Im Spross ist der Verlauf der Gefässbündel bei den einzelnen Pflanzen sehr verschieden und oft ausserordentlich complicirt. Bei einigen einfacher organisirten Formen ist nur ein einziges Bündel im Spross vorhanden, welches denselben der Länge nach durchzieht und Aeste in die seitlichen Organe entsendet. Gewöhnlich verlaufen viele Gefässbündel neben einander im Spross und bilden, dadurch dass sie sich wiederholt verzweigen oder mit einander verschmelzen, ein maschenartiges Gerüstwerk, dessen äusserste Verzweigungen in die Blätter hinein verlaufen (Fig. 127). Die im Spross befindlichen Strecken der zu den Blättern abbiegenden Stränge werden als Blattspuren bezeichnet. Meist ist das ganze Gefässbündelnetz des Sprosses aus Blattspursträngen gebildet; stammeigene Bündel d. h. solche Gefässbündel, welche nur dem Spross angehören, kommen selten vor. In den Sprossachsen der Dicotyledonen ist das von den Gefässbündeln gebildete Maschenwerk meist in Form eines Cylindermantels angeordnet, welcher das Mark umhüllt und seinerseits von der Aussenrinde und dem sie bedeckenden Hautgewebe umkleidet wird (Fig. 127 A). Auf dem Querschnitt des Sprosses der Dicotyledonen finden wir entsprechend dem geschilderten Gefässbündelverlauf die Querschnitte der Bündel zu einem Kreise angeordnet (Fig. 123). Auch bei den Gymnospermen und bei manchen Farnen ist die Vertheilung der Bündel in der Sprossachse eine ähnliche.

Die meisten Monocotylen weisen dagegen einen andern Typus des Bündelverlaufes auf (Fig. 127 B). Die Bündel vereinigen und verzweigen sich auch hier, wenngleich nicht so häufig als bei den Dicotylen. Die freien Endverzweigungen treten aber nicht direkt in die Blätter ein, sondern sie durchziehen noch eine grössere Strecke weit den Spross, indem sie schräg aufsteigend sich zuerst der Sprossmitte nähern und dann bogenförmig zurückgekrümmt zur Blatininsertion verlaufen. Auf dem Querschnitt findet man in Folge dieses Verlaufes die Bündelquerschnitte ungleichmässig vertheilt (Fig. 125 A). Verhältnissmässig wenige Bündel sind in der Nähe der Sprossmitte sichtbar, während dieselben am Rande dichter gedrängt erscheinen; es beruht das darauf, dass die Bündel nicht alle gleichweit bis zur Sprossmitte vordringen, bevor sie sich zum Eintritt in das Blatt zurückkrümmen. Eine scharfe Scheidung des Grundgewebes in Mark- und Aussenrinde tritt bei dem Gefässbündelverlauf der Monocotylen nicht hervor, indes

pfllegt man auch hier den die Sprossmitte einnehmenden bundelfreien Theil als Mark, die peripherische Schicht unterhalb des Hautgewebes als Aussenrinde zu bezeichnen.

Bisweilen tritt nur ein Bündel in jedes Blatt ein um sich in der Blattfläche mehr oder minder reichlich zu verzweigen, gewöhnlich aber zweigen sich zu jedem Blatt mehrere Bündel ab, welche gemeinsam mehr oder minder weit die Blattmitte durchziehen, um von dort in die Blattfläche auszustrahlen oder Seitenäste dahin abzugeben. Die Gefässbündel



Figur 127.

A Schema des Gefässbündelverlaufes in einer dicotylen Pflanze (nach Nägeli). **B** Schema des Gefässbündelverlaufes in einer monocotylen Pflanze (nach Falkenberg). *b, b* Blattbasen

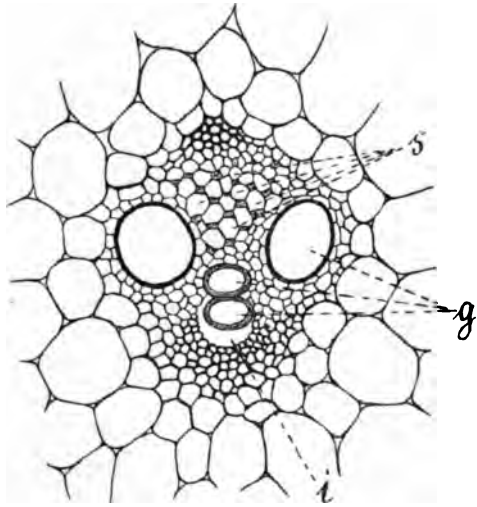
des Blattes verlaufen im Innern der Blattnerven. Was bei der Besprechung des Laubblattes über den Verlauf und die Vertheilung der Blattnerven gesagt worden ist, gilt demnach auch von der Ausbreitung der Bündel in den Blattflächen. Die Mittelrippe und stärkeren Seitennerven schliessen bisweilen mehrere Gefässbündel ein, die zarteren Auszweigungen höherer Ordnung enthalten stets nur ein einziges Bündel, die äussersten Enden der Blattnerven und Gefässbündel endigen entweder frei in dem als

Mesophyll bezeichneten Grundgewebe der Laubausbreitung, oder sie schliessen sich andern Nerven an.

Die Zusammensetzung der Bündel. — Es ist oben das Vorhandensein von Gefässen oder Tracheiden und von Siebröhren als charakteristische Eigenthümlichkeit der Gefässbündel bezeichnet worden. Diese beiden Bauelemente, Gefässe oder Tracheiden einerseits und Siebröhren andererseits sind nun nicht regellos im Bündel vertheilt, sondern sie sind mit andern Elementen zu Gruppen vereinigt, welche als Gefässtheile respective als Siebtheile des Bündels bezeichnet werden.

Neben den Siebröhren mit ihren Geleitzellen und neben den Gefässen sind im Siebtheil und im Gefässtheil der Bündel meist noch Sklerenchymfasern und Parenchymzellen anzutreffen. Im Siebtheil werden die Sklerenchymfasern als **Bastfasern**, die Parenchymzellen als **Bastparenchym** bezeichnet, im Gefässtheil werden sie **Holzfasern** respective **Holzparenchym** genannt.

Gewöhnlich ist in jedem Bündel ein Gefässtheil und ein Siebtheil vorhanden. Dieselben sind meist so angeordnet, dass der Gefässtheil nach der Sprossmitte zu, der Siebtheil nach aussen hin gelegen ist. Man bezeichnet diese Anordnung als **collateral** (Fig. 128). In einigen dicotylen Pflanzenfamilien z. B. den Cucurbitaceen ist an der Innenseite des Gefässtheils ein zweiter Siebtheil ausgebildet, derartige Bündel werden **bicollateral** genannt (Fig. 129). **Concentrisch** nennt man die Gefässbündel, bei denen der eine Theil rings um den andern herumgreift. Bei den Gefässbündeln mancher Farne bildet der Gefäss-



Figur 128.

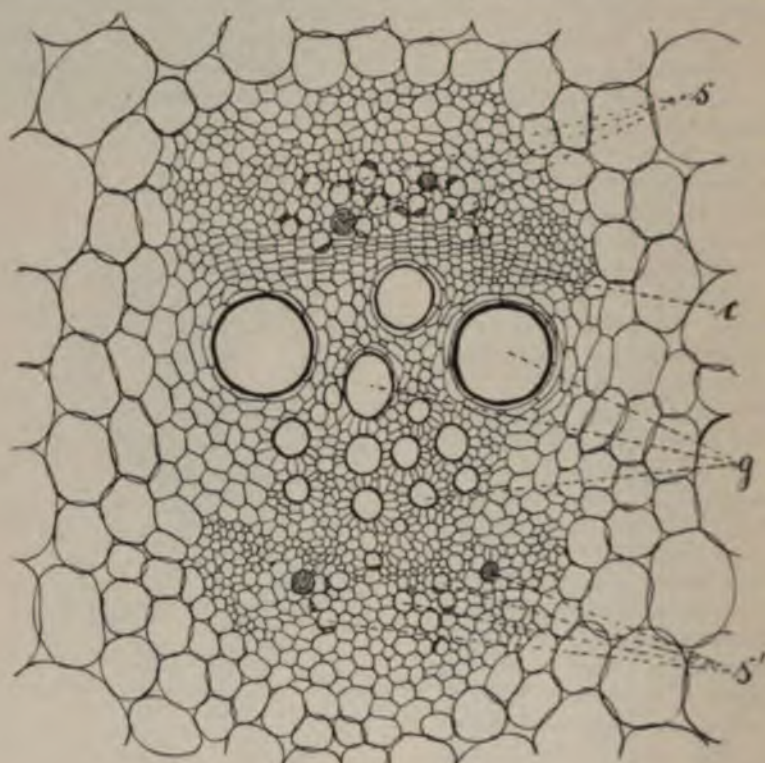
Querschnitt durch das collaterale Gefässbündel von *Saccharum officinarum*. *s* Siebröhren, *g* Gefässe. Der Siebtheil liegt nach aussen zu vor dem Gefässtheil. *i* Intercellularraum.

theil den centralen Theil des Bündels, es kommt aber auch der umgekehrte Fall vor, dass der Siebtheil von dem Gefässtheil eingehüllt wird.

Der centrale Bündelstrang der Wurzeln ist als eine Vereinigung mehrerer Gefässbündel anzusehen, es sind meist mehrere Siebtheile und mehrere Gefässtheile vorhanden, dieselben liegen aber nicht wie im Spross von aussen nach innen neben einander, sondern die Gefässtheile sind radial um den Mittelpunkt des Sprossquerschnittes angeordnet und zwischen je zweien derselben liegt ein Siebtheil (Fig. 130). Zwischen den Siebtheilen und den Gefässtheilen ist eine schmale Schicht von Parenchymzellen, das Verbindungsgewebe, eingeschoben. Ebenso ist auch der ganze Bündelstrang von einer ununterbrochenen einschichtigen Lage von zarten prismatischen Parenchymzellen umhüllt, welche als

Pericambium bezeichnet wird. Die Zellen des Pericambiums bleiben lange Zeit in einem entwicklungsfähigen Zustande. Sie sind es, welche den Anlagen der Seitenwurzeln im Innern des Wurzelkörpers den Ursprung geben.

In den Wurzeln der Dicotyledonen ist die Zahl der Siebtheile und Gefäßtheile meist gering; es kommen 2, 3, 4, seltener mehr Gefäßgruppen und ebenso viele Siebtheile vor. Man bezeichnet die Bündelstränge dem entsprechend als diarch, triarch, tetrach oder polyarch. In den Wurzeln der



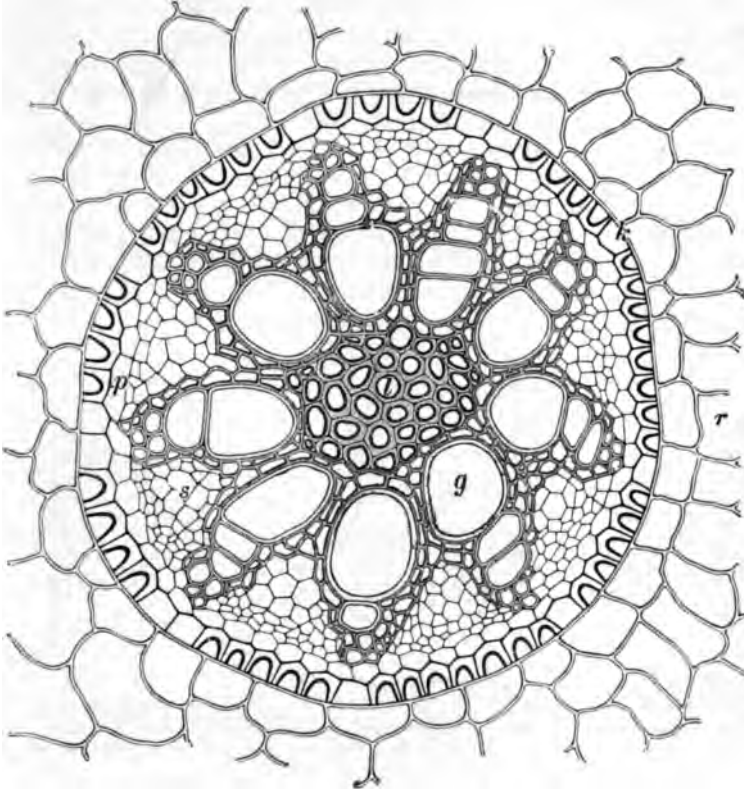
Figur 129.

Querschnitt durch das bicollaterale Gefäßbündel von *Cucurbita Pepo*. *s* Siebröhren des äusseren, *s'* Siebröhren des inneren Siebtheils. *g* Gefässe, *c* Cambium (siehe Seite 127).

Monocotyledonen kommen bis zu 50 und mehr Gruppen von Gefäßtheilen und Siebtheilen in den Bündelsträngen vor (Fig. 130).

Nach aussen hin ist der Bündelstrang der Wurzel durch eine Schutzscheide, die Endodermis, gegen das Grundgewebe abgegrenzt. Die Zellwände in der Endodermis sind häufig stark verdickt und theilweise verkorkt, nur dort wo die radialen Gefäßtheile sich der Endodermis nähern, bleiben in vereinzelter Zellen die Wände unverdickt. Diese Zellen vermitteln hauptsächlich den Stoffverkehr zwischen Bündelstrang und Wurzel-

rinde und werden als Durchlasszellen bezeichnet. Das Vorkommen einer Endodermis ist übrigens nicht auf den Bündelstrang der Wurzeln beschränkt, die Gefäßbündel der Farne besitzen ebenfalls eine Endodermis und ebenso die Bündel in Stamm und Blatt einiger Blütenpflanzen.



Figur 130.

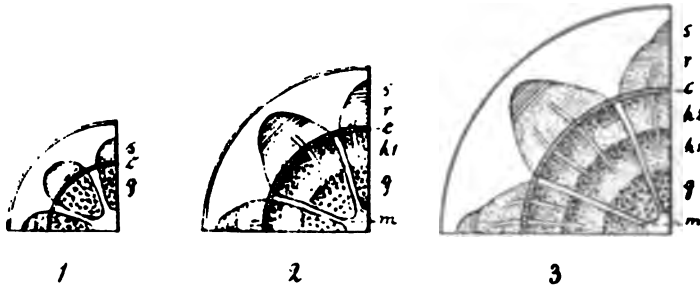
Querschnitt durch den Bündelstrang der Wurzel von *Veratrum album*. *g* ein Gefäß, *s* ein Siebtheil, *p* Pericambium, *k* Endodermis, *r* die primäre Rinde der Wurzel. (Nach Tschirch.)

5. Das sekundäre Dickenwachsthum.

Das Cambium. — In den Sprossen mancher Gewächse, z. B. bei den Farnen und den Monocotyledonen erreichen die Gefäßbündel nach einer gewissen Zeit eine endgültige Ausbildung, welche normaler Weise nachträglich nicht mehr verändert wird. Solche Gefäßbündel werden als geschlossene Bündel bezeichnet. Ihnen stehen die offenen Gefäßbündel gegenüber (Fig. 129), bei denen zwischen dem Siebtheil und dem Gefäßtheil ein Bildungsgewebe, das Cambium vorhanden ist, welches fortgesetzt neue Zellen zu dem Siebtheil und zu dem Gefäßtheil hinzufügt. Das Cambium besteht aus einer Schicht prismatischer, inhaltsreicher Zellen,

welche die Fähigkeit haben, fortgesetzt durch Theilung nach beiden Seiten hin neue Zellen zu erzeugen. Die nach dem Gefäßstheil hin gelegenen neuen Zellen bilden sich bald zu Gefäßgliedern oder Tracheiden oder zu Holzfasern oder Holzparenchym aus, die nach dem Siebtheil zu vom Cambium erzeugten jungen Zellen werden zu Siebröhren, zu Bastfasern oder zu Bastparenchym. Die Gesamtproduction des Cambiums an Gefäßen, Holzfasern und Holzparenchym wird als sekundäres Holz, die Gesamtproduction an Siebröhren, Bastfasern und Bastparenchym wird als sekundäre Rinde bezeichnet (Fig. 131).

An denjenigen Sprossen, welche einen netzförmigen Gefäßbündelcylinder besitzen, tritt bald nach Beginn der Cambiumthätigkeit in den Bündeln, auch in den die Maschen des Bündelcylinders durchsetzenden Markverbindungen des Grundgewebes ein Cambium auf, so dass das Cambium in seiner Gesamtheit einen ununterbrochenen Cylindermantel darstellt, welcher auf dem Sprossquerschnitt als Ring, Cambiumring, erscheint. Das Cambium der Markverbindungen wird im Gegensatz zu dem



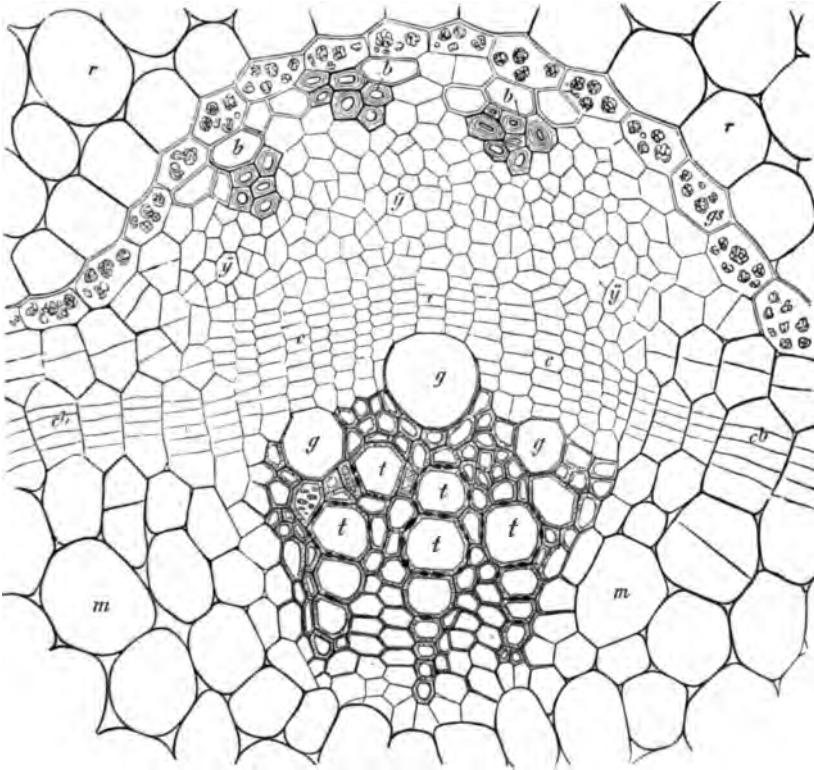
Figur 131.

Theil eines Sprossquerschnittes in verschiedenen Stadien des Dickenwachstums, schematisch *s* Siebtheil, *g* Gefäßstheil des ursprünglich vorhandenen Bündels, *c* das Cambium, *r* sekundäre Rinde, *A* sekundäres Holz, *A*¹, *A*² die Zuwachszonen verschiedener Jahre, *m* Markstrahl.

in den Bündeln auftretenden Fascicularcambium als Interfascicularcambium bezeichnet (Fig. 132), es setzt durch Erzeugung neuer Parenchymzellen die Markverbindungen instand, dem Dickenwachsthum der Gefäßbündel zu folgen und lässt aus ihnen im Laufe der Entwicklung lange schmale Streifen von parenchymatischem Gewebe hervorgehen, welche den durch die Thätigkeit des Cambiums verdickten Spross von der Rinde bis zum Mark durchsetzen und als Markstrahlen bezeichnet werden. Andere Markstrahlen entstehen dadurch, dass gewisse Zellen des Fascicularcambiums, nachdem sie eine Zeit hindurch Holz- und Rindenelemente erzeugt haben, nur noch Markstrahlparenchym ausbilden. Die so entstandenen Markstrahlen reichen entsprechend dieser Entstehungsweise nicht ganz bis zum Mark in das Innere des Sprosses hinein, sondern endigen mehr oder minder weit vom Sprosscentrum entfernt im Holzkörper. Sie werden als sekundäre Markstrahlen bezeichnet.

In den Pflanzenachsen, welche einen centralen Gefäßbündelstrang besitzen, z. B. in den Wurzeln der Dicotyledonen, tritt das Cambium gleichfalls

zwischen den Siebtheilen und Gefäßtheilen auf und die einzelnen Parteien verbinden sich dann seitlich zu einem Ringe, der auf dem Querschnitt anfangs als wellig verbogene Kreislinie erscheint (Fig. 133 A). Später gleichen sich durch das Wachsthum die Undulationen des Cambiumringes mehr und mehr aus, so dass endlich ebenso wie in den Sprossen mit ringförmiger Anordnung der Gefässbündel ein gleichmässiger Cambiumgürtel ringsum vorhanden ist, welcher nach innen neues Holz, nach aussen neue Rinde erzeugt. Markstrahlen kommen hier ebenso wie dort dadurch zustande,



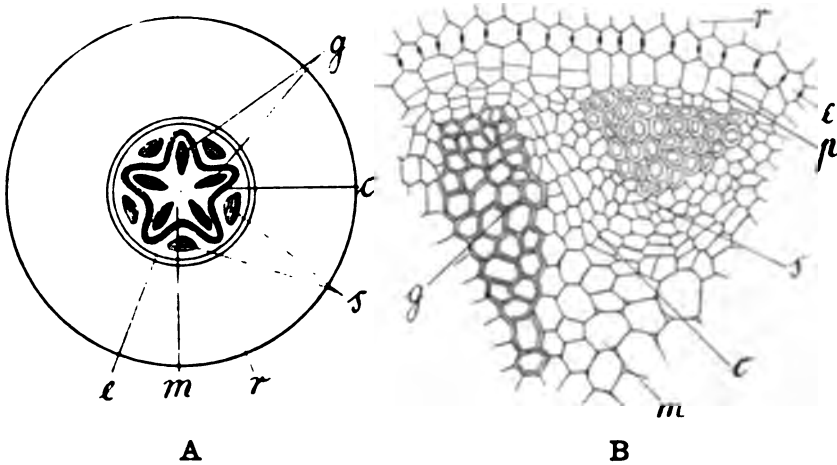
Figur 132.

Theil vom Querschnitt des hypocotylen Gliedes einer Ricinuskeimpflanze. *m* Parenchymzellen des Markes, *r* Parenchymzellen der Rinde, *b* und *y* Zellen des Siebtheils, *g* und *t* Gefässe, *c* Fascicularcambium, *cb* Interfascicularcambium. (Nach Sachs.)

dass gewisse Gruppen von Cambiumzellen entweder von Anfang an oder nachdem sie eine Zeit lang Holz- und Rindenelemente gebildet haben, nur Markstrahlenparenchym erzeugen.

Holz und Rinde. — Um von dem Bau und der Anordnung der einzelnen Theile in den durch sekundäres Wachsthum verdickten Sprossen und Wurzeln eine räumliche Vorstellung zu gewinnen, genügt die Betrachtung dreier zu einander senkrechter Schnittflächen des Gewebekörpers: des Querschnittes, des radialen und des tangentialen Längsschnittes.

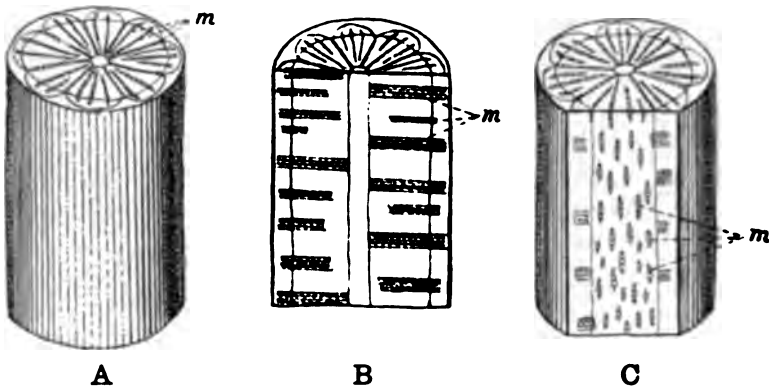
Der Querschnitt verläuft rechtwinklig zur Längsachse und stellt eine annähernd kreisförmige Fläche dar, deren Umfang von der Epidermis oder



Figur 133.

A Schematisches Querschnittbild der Hauptwurzel von *Vicia Faba*, **B** Teil vom Querschnitt des Gefäßbündelstranges der Hauptwurzel von *Vicia Faba* nach Ausbildung des Cambiums (nach Haberlandt). *g* Gefäßstheil, *s* Siebteil, *c* Cambium, *e* Endodermis, *r* Rinde, *m* Mark *p* Pericambium.

von dem an deren Stelle getretenen Kork gebildet wird. Der Längsschnitt verläuft parallel mit der Achse des Organes, schneidet also die Querschnitt-

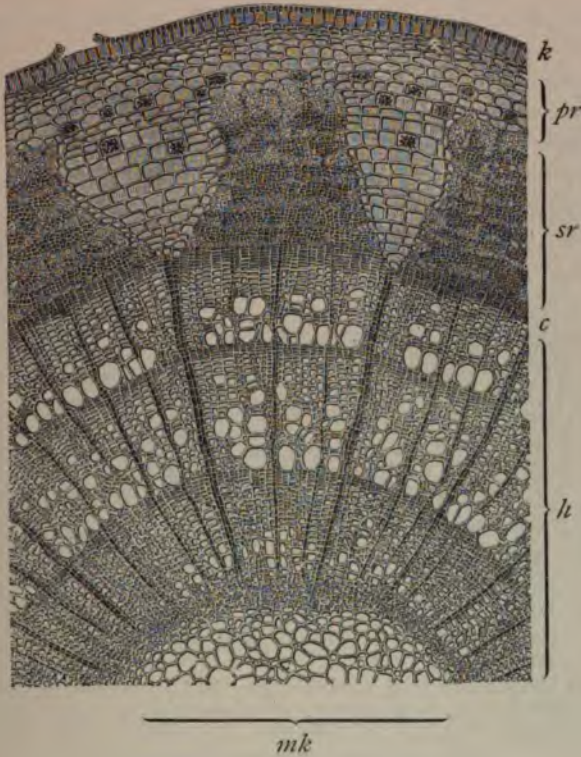


Figur 134.

Schemata eines Sprossstückes einer dicotylen Pflanze. Bei **A** ist nur eine Querschnittfläche sichtbar, in **B** ist ausserdem eine radiale und in **C** eine tangential Schnittfläche hergestellt. *m* Markstrahlen.

fläche unter rechtem Winkel. Entsprechend der kreisförmigen Ausbildung des Querschnittes bezeichnet man einen Längsschnitt als radial, wenn die

Linie, in welcher er die Querschnittfläche schneidet, einen Radius der letzteren darstellt, wenn also die Schnittfläche die Längsachse des Organs in sich aufnimmt. Ein tangentialer Längsschnitt dagegen verläuft in einiger Entfernung von der Achse des Organes, die Linie, in welcher er die Querschnittfläche schneidet, stellt eine Sehne in dem von der letzteren gebildeten Kreise dar. Da die Markstrahlen als schmale Streifen die sekundären Zuwachsschichten der Sprosse und Wurzeln in radialer Richtung durch-



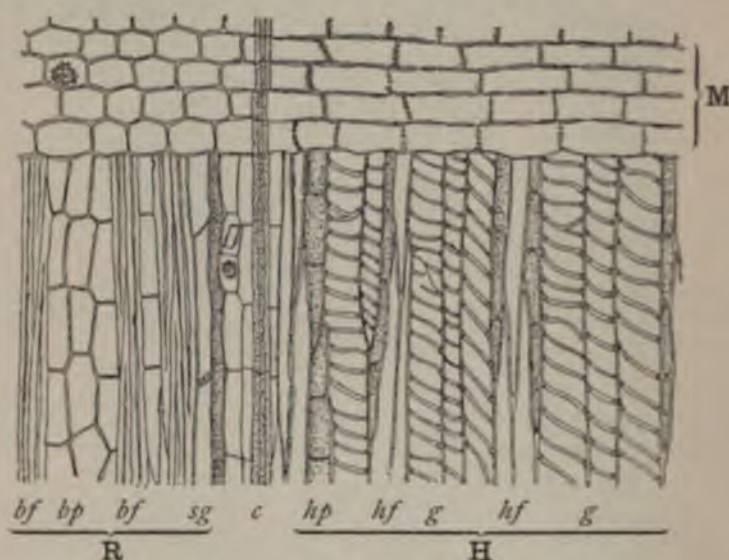
Figur 135.

Querschnitt eines dreijährigen Lindenzweiges (nach Kny). *mk* Mark, *pr* primäre Rinde, *c* Cambium, *h* sekundärer Holzkörper, *sr* sekundäre Rinde, *k* Korkschicht.

ziehen, so werden sie von den radialen und tangentialen Längsschnitten in verschiedener Weise getroffen, und geben durch die Figur, welche sie auf einer beliebigen Schnittfläche darbieten, ein Erkennungsmerkmal dafür ab, in welcher Richtung der betreffende Schnitt geführt worden ist (Fig. 134). Auf dem Querschnitt sind die Markstrahlen meist mit bloßem Auge oder mit der Lupe als schmale Streifen sichtbar, welche nach dem Mittelpunkt des Schnittes convergiren. Auf dem radialen Längsschnitt stellen die

Markstrahlen sich als schmale parallel verlaufende Bänder aus gestreckten Parenchymzellen dar. Der tangentielle Längsschnitt zeigt die Querschnitte der Markstrahlen, meist kurze strichförmige Gruppen von rundlichen Zellen.

Als Beispiel für den Bau dicotyler Holzstämmen möge im Folgenden der Bau eines Linden Zweiges mit Hülfe der Abbildungen erläutert werden. Fig. 135 stellt einen Theil des Zweigquerschnittes dar. Das Centrum des Querschnittes wird von grosszelligem Mark eingenommen. An dasselbe grenzen zunächst die Gefäßtheile der Bündel, welche vor Beginn des sekundären Dickenwachstums im Spross vorhanden waren. Darauf folgt ein breiter Holzkörper *h*, welcher durch die Thätigkeit des Cambiums ent-



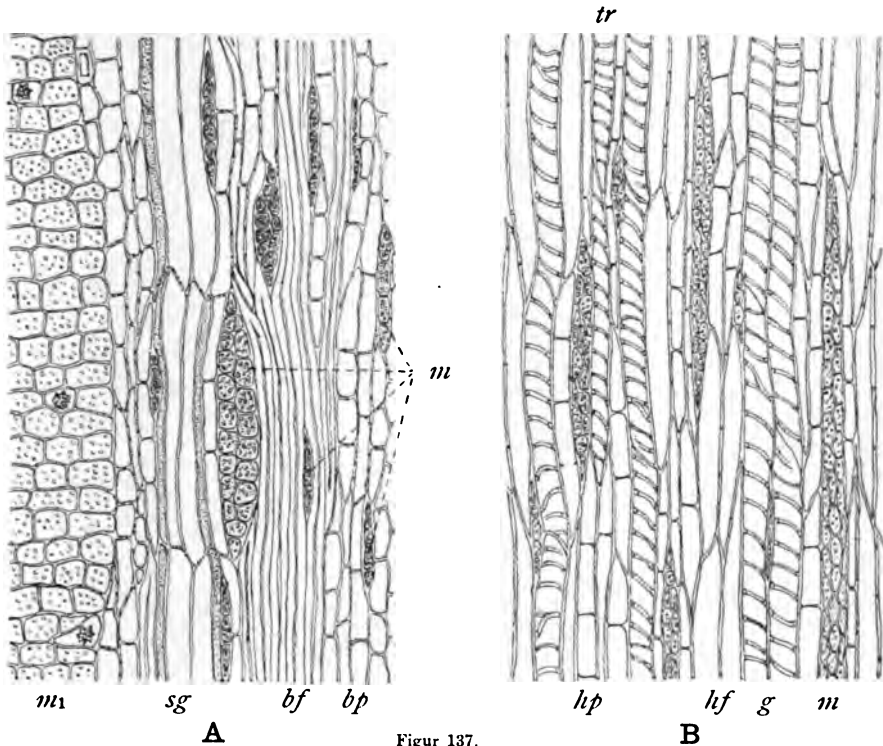
Figur 136..

Theil vom radialen Längsschnitt eines Lindenastes. **R** Das Gewebe der sekundären Rinde. *sg* Siebröhren mit Geleitzellen, *bf* Bastfasern, *bp* Bastparenchym, *c* das Cambium. **H** Das Gewebe des Holzkörpers. *g* Gefäße, *hf* Holzfasern, *hp* Holzparenchym. **M** Theil eines der Länge nach angeschnittenen Markstrahls.

standen ist. Derselbe wird von den Markstrahlen in radialer Richtung durchzogen. Ausserdem lässt sich eine ring- oder zonenförmige Struktur des Holzkörpers erkennen, welche als Jahrringbildung bezeichnet wird. Die Ausbildung der Jahresringe beruht darauf, dass das in den verschiedenen Zuwachsperioden im Frühling und im Sommer gebildete Holz eine verschiedene Zusammensetzung besitzt. Während das Frühlingsholz viele Gefäße und weite Holzfasern und Holzparenchymzellen enthält, besteht das am Ende der jährlichen Zuwachsperiode gebildete Holz fast nur aus engen, schmalen Holzfasern. Im Frühling des nächsten Jahres setzt die Thätigkeit des Cambiums ohne Uebergang wieder mit der Ausbildung von Frühjahrsholz ein, so dass zwischen den einzelnen Jahresringen eine

scharfe Grenze entsteht. Die Jahresringbildung gibt uns, wie leicht ersichtlich, ein Mittel an die Hand, um das Alter der Holzstämmen zu bestimmen.

An der äusseren Grenze des Holzkörpers liegt der Cambiumring *c*, leicht erkennbar an der Zartheit der Zellwände und der Regelmässigkeit der Zellenordnung in seiner Nachbarschaft. Nach aussen hin schliesst sich an den Cambiumring die sekundär gebildete Rinde an *sr*, in welcher Bastfasern und dünnwandige Elemente, Siebröhren und Rindenparenchym ohne besondere Regelmässigkeit der Anordnung mit einander abwechseln.



Figur 137.

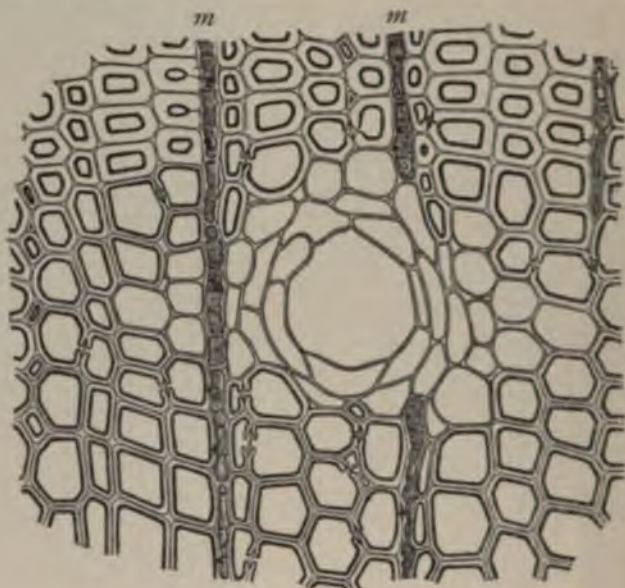
A Tangentialer Längsschnitt durch die Rinde eines Lindenzweiges. *sg* Siebröhren mit Geleitzellen, *bf* Bastfasern, *bp* Bastparenchym, *m* Querschnitte schwacher Markstrahlen, *m*₁ Theil eines verbreiterten primären Markstrahls. **B** Tangentialer Längsschnitt durch das Holz eines Lindenzweiges, *g* Gefässe, *tr* Tracheiden, *hf* Holzfasern, *hp* Holzparenchym, *m* Querschnitt eines Markstrahls.

Die Markstrahlen setzen sich zum Theil als schmale Zellreihen auch durch die Rinde fort, zum Theil verbreitern sie sich ganz bedeutend und zertheilen den Querschnitt der sekundären Rinde in einzelne trapezförmige Abschnitte, an deren äusseren, schmalen Seite die ältesten Theile der sekundären Rinde, d. h. die Siebzellen und Bastfasern liegen, welche vor Beginn des Dickenwachstums in dem Spross vorhanden und mit den unmittelbar an das Mark grenzenden Gefässen und Holzfasern zu Gefässbündeln vereinigt waren.

Ausserhalb der sekundären folgt dann die primäre Rinde *pr*, welche aus einigen Schichten parenchymatischer Zellen gebildet wird. Sowohl in der primären Rinde als auch dem Markstrahlenparenchym der sekundären Rinde sind einzelne Krystallzellen mit morgensternförmigen Drusen von oxalsaurem Kalk vorhanden.

An die primäre Rinde schliesst sich nach aussen hin das Korkcambium und die aus demselben erzeugte mehr oder minder mächtige Korkschicht *k*, welche im vorliegenden Beispiel aussen noch von der schon stellenweise zersprengten Epidermis überkleidet ist.

Der radiale Längsschnitt, von dem in Figur 136 ein Theil dargestellt ist, zeigt uns zunächst die Markstrahlen als mehr oder minder breite



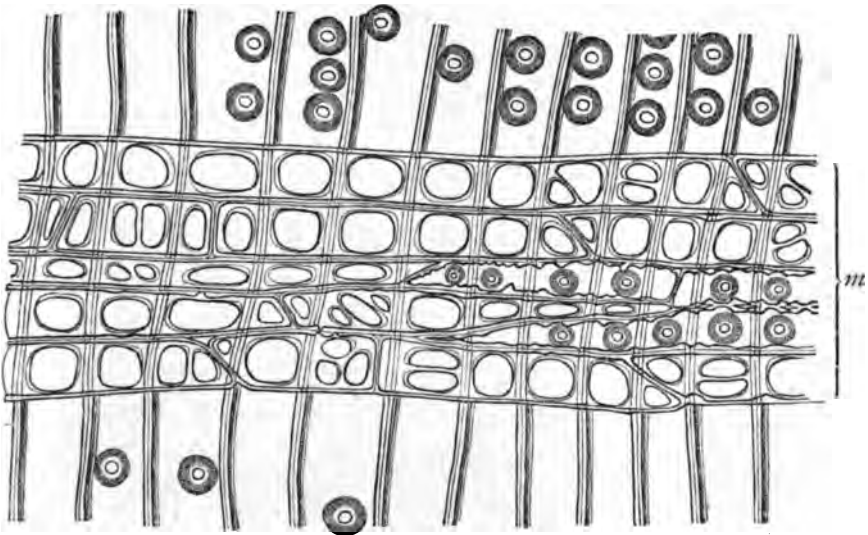
Figur 138.

Querschnitt des Holzes von *Pinus silvestris* (nach Kny). *m* Markstrahl. Die weite Oeffnung in der Mitte der Figur ist der Querschnitt eines Harzganges, welcher von Parenchymzellen umgeben ist.

Bänder von parenchymatischen Zellen, welche quer zu der Längsrichtung der übrigen Gewebeelemente verlaufen. In dem Holz erkennt man leicht die meist ziemlich weiten Gefässe und die Tracheiden an den mit spiralförmigen Verdickungsleisten versehenen und meist (besonders in den vom Cambium entfernteren Theilen) behöft getüpfelten Wänden. Die Holzfasern stellen sich als lange, an beiden Enden spitz ausgezogene Sklerenchymfasern dar, die Zellen des Holzparenchyms lassen in ihrer Form und Anordnung erkennen, dass sie durch Quertheilungen aus prosenchymatischen Zellen entstanden sind. Ihre Wände sind fein getüpfelt. Im ausgewachsenen Holz enthalten nur die Markstrahlzellen und die Holzparenchymzellen einen lebenden Protoplasmainhalt, alle übrigen Elemente, die Gefässe, die

Tracheiden und die Holzfasern sind mit Luft und Wasser erfüllt. In der Rinde läßt uns der radiale Längsschnitt die Siebröhren mit ihren Geleitzellen *sg*, die Bastfasern *bf* und das Bastparenchym *bp* unterscheiden. Die Siebröhren werden meist schon in geringer Entfernung vom Cambium ausser Function gesetzt, in den älteren Rindentheilen sind sie gewöhnlich zusammengedrückt und geschrumpft (obliterirt). Die Wände der Bastfasern sind fast bis zum Verschwinden der Zellhöhlung verdickt; in Folge dessen besitzen die Bastfaserstränge der Lindenrinde eine sehr hohe Festigkeit, worauf die technische Verwendbarkeit des Lindenbastes beruht.

Der tangentielle Längsschnitt des Lindenzweiges zeigt je nachdem er mehr oberflächlich nur durch das Rindengewebe geführt ist, oder tiefer eindringend, den Holzkörper getroffen hat, ein verschiedenes Aus-



Figur 139.

Radialer Längsschnitt durch das Holz von *Pinus silvestris* (nach Kny). *m* Markstrahl.

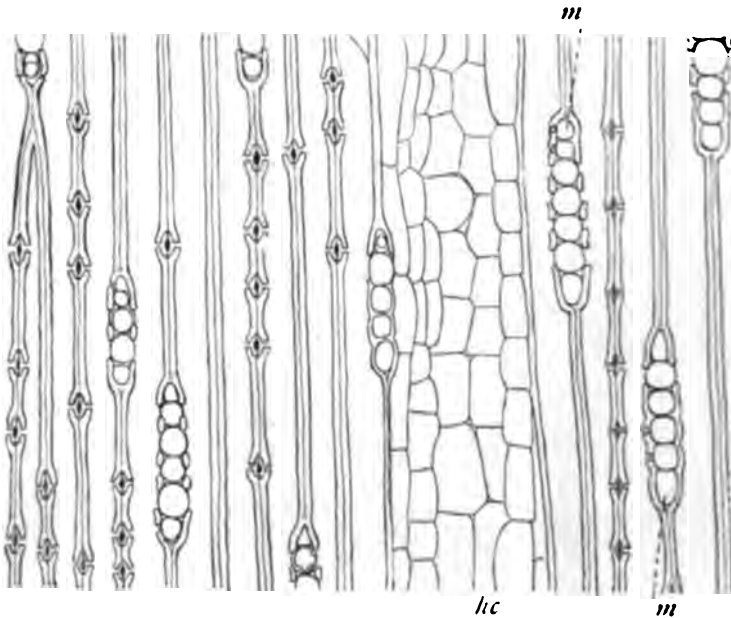
sehen. Der Tangentialschnitt der Rinde (Fig. 137 A) enthält neben den Querschnittflächen der stark verbreiterten primären Markstrahlen auch die aus kürzeren oder längeren Reihen rundlicher Zellen bestehenden Querschnitte kleinerer Markstrahlen. Im übrigen bieten die Elemente der Rinde, die Siebröhren mit den Geleitzellen, die Bastfasern und das Rindenparenchym gleichen Anblick dar wie auf dem Radialschnitt.

Im Tangentialschnitt durch das Holz (Fig. 137 B) sind alle Markstrahlen als ein- oder wenigreihige vertikale Streifen von rundlichen Zellen sichtbar. In ihrer Nähe liegen meist einige Holzparenchymzellen ferner Holzfasern, Gefäße und Tracheiden, wie auf dem Radialschnitt.

Das Holz der Coniferen ist einfacher gebaut als dasjenige der Dicotylen; es finden sich nämlich in dem Holz keine Gefäße vor, kein

Holzparenchym und keine Holzfasern, sondern nur Tracheiden mit hofgetüpfelten Wänden. Die Figuren 138 bis 140 stellen die drei Schnitte des Holzes von *Pinus silvestris* dar. Der Querschnitt zeigt die einreihigen Markstrahlen als schmale radiale Streifen. Die Tracheiden des FrühjahrsHolzes sind weiter und haben weniger stark verdickte Wände, als diejenigen, welche zu Ende der Jahresperiode gebildet wurden. Vereinzelt verlaufen Harzgänge mit den zu ihnen gehörenden Parenchymzellen durch das Holz. In der Figur 138 ist ein Harzgang im Querschnitt gezeichnet.

Die gehöften Tüpfel befinden sich meistens auf den radialen Wänden der Tracheiden. Auf dem radialen Längsschnitt (Figur 139) sehen wir



Figur 140.

Tangentialer Längsschnitt des Holzes von *Pinus silvestris* (nach Kny). *m* Markstrahl, *hc* Harzgang.

also die Tüpfel von oben als Doppelkreise. Der innere Kreis wird von dem Eingang in den Tüpfelkanal gebildet, der äussere Kreis markiert den Umfang der hofartigen Erweiterung desselben.

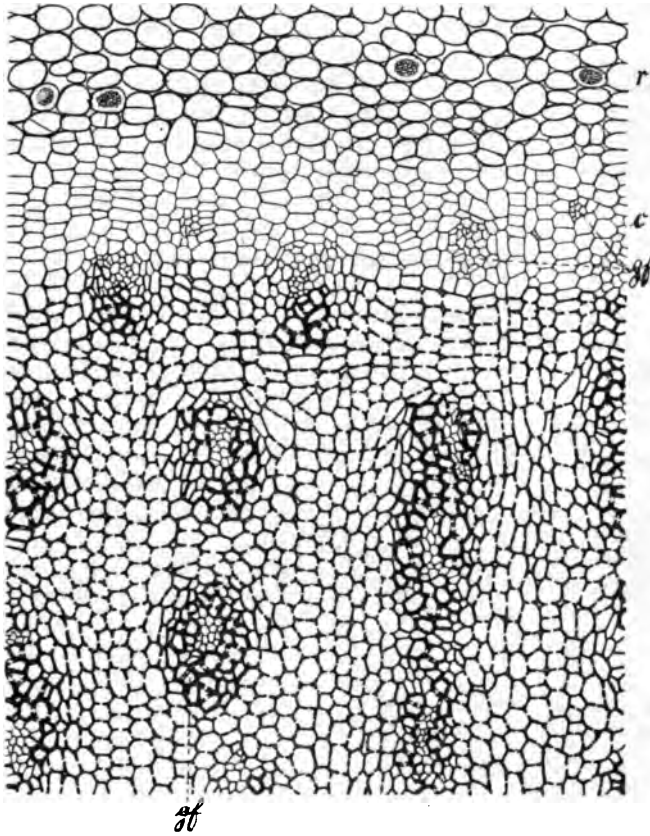
Die Tracheiden sind sehr langgestreckt und an den Enden allmählich zugespitzt und zwischen einander eingeschoben. In der Figur sind nur kurze Stücke der Tracheiden sichtbar. Ein Markstrahl ist der Länge nach getroffen und erscheint als Parenchymband senkrecht zur Längsrichtung der Tracheiden.

Der tangentiale Längsschnitt (Fig. 140) zeigt die Querschnitte der einreihigen Markstrahlen. In einzelnen Fällen werden die Markstrahlen

mehrreihig, indem sie einen Harzkanal in sich aufnehmen. An den Wänden der Tracheiden sind zahlreiche Hoftüpfel quer getroffen. Auch auf diesem Schnitt ist ein Harzkanal und zwar der Länge nach getroffen.

6. Das Dickenwachsthum der Monocotyledonen und Pteridophyten.

In der Abtheilung der monocotylen Pflanzen ist das sekundäre Dickenwachsthum nicht so allgemein verbreitet als bei den Dicotyledonen,



Figur 141.

Querschnitt durch den Stamm von *Dracaena*. *r* Die Rinde mit einzelnen Rhaphidenzellen, *c* das Cambium, *gf* ein concentrisches Gefässbündel, *gf'* Gefässbündelanlagen im Cambium (nach Kny).

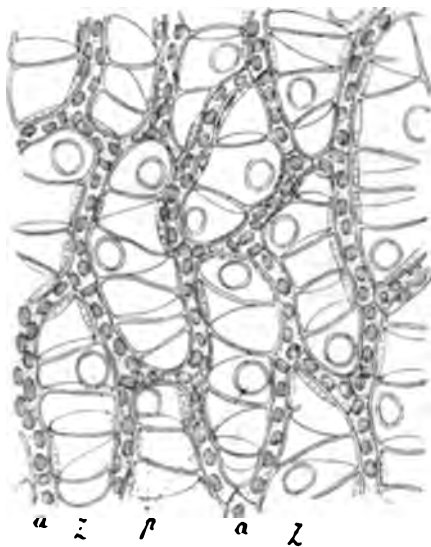
nur bei verhältnissmässig wenigen Formen, den baumartigen Lilien werden ausdauernde Stämme gebildet, die ihren Umfang sekundär vergrössern. Der Dickenzuwachs geht dabei von einem unterhalb der primären Rinde gelegenen Cambiumring, einer Zone von meristematischen Zellen aus (Fig. 141*c*). In diesem verhältnissmässig breiten Gewebestreifen werden

fortgesetzt Grundgewebezellen und vereinzelte neue Gefässbündel ausgebildet. Der Querschnitt des sekundär erzeugten Gewebes zeigt also ebenso wie der Querschnitt des primären Monocotylenstammes eine grosse Anzahl von Gefässbündeln, welche regellos im Grundgewebe vertheilt sind.

Bei den Gefässkryptogamen ist nur in zwei Fällen bei *Isoetes* und *Botrychium* ein sekundäres Dickenwachsthum bekannt. Im Spross der ersteren Pflanze ist ein Cambiumring vorhanden, welcher aber hauptsächlich nur parenchymatisches Rindengewebe producirt. Bei *Botrychium* findet sich in dem dünnen Stämmchen zwischen dem Siebtheil und dem Gefasstheil der Bündel ein Cambium, welches einen geringen Dickenzuwachs zu Stande bringt. Eine wirkliche Holzbildung findet auch hier nicht statt. Die fossilen Ueberreste von den Gefässkryptogamen früherer Erdepochen lassen oft ein sehr mächtiges Dickenwachsthum erkennen. Wir können also annehmen, dass das Dickenwachsthum bei *Isoetes* und *Botrychium* Ueberreste einer vormalis allgemeiner verbreiteten Erscheinung sind.

7. Das Gewebe der gefässlosen Pflanzen.

Die niederen Pflanzen besitzen einen bei weitem einfacheren Bau als die Gefässpflanzen. Bei den Formen, deren Vegetationskörper aus einzelnen Zellen, einfachen Zellreihen oder Zellflächen besteht, kann ja von einer Gewebebildung und Gewebedifferenzirung nicht die Rede sein.



Figur 142

Theil von der Blattfläche eines Torfmooses. *a* Die chlorophyllhaltigen Zellen, *z* die leeren Zellen mit spiralförmigen Verdickungsleisten an der Wand, *f* die Oeffnungen, durch welche das Wasser eindringt.

Aber schon unter den Pilzen, deren Vegetationskörper von verzweigten Fäden, den Hyphen gebildet wird, kommt in einigen Fällen durch die enge Verflechtung und Verwachsung der Hyphenäste die Ausbildung von Gewebekörpern zu Stande, deren Zusammensetzung trotz der gänzlich abweichenden Entstehungsweise mit dem Parenchym der höheren Pflanzen Ähnlichkeit besitzt. Man bezeichnet derartige Gewebe als Pseudoparenchym. Bei manchen Algen lässt sich die Entstehung der Gewebekörper gleichfalls auf eine Verschmelzung verzweigter Faden zurückführen. Andere Formen dagegen zeigen in der Gewebebildung grosse Übereinstimmung mit den Gefässpflanzen und weisen auch gelegentlich weitgehende Differenzirung der Gewebekörper auf. Häufig ist eine Hautschicht von festeren

Zellen ausgebildet und die Zellen des Innern lassen bisweilen Unterschiede in ihrer Ausbildung erkennen, welche auf eine Arbeitsteilung in den Geweben schliessen lassen. So finden sich bei der riesenhaften Meeresalge *Macrocystis* Zellen, welche in Form und Ausbildung den Siebröhren der höheren Pflanzen sehr nahe kommen. Die Laminarien, Meeresalgen, welche wie die vorhin genannte Form zu den Phaeophycéen oder Braunalgen gehören, haben ein sekundäres Dickenwachsthum ihrer cylindrischen Achsen. Es ist ein peripherisches Cambium vorhanden, welches Jahr um Jahr neue Gewebezonen zu den vorhandenen hinzufügt und zu einer Ausbildung typischer Jahresringe Veranlassung gibt.

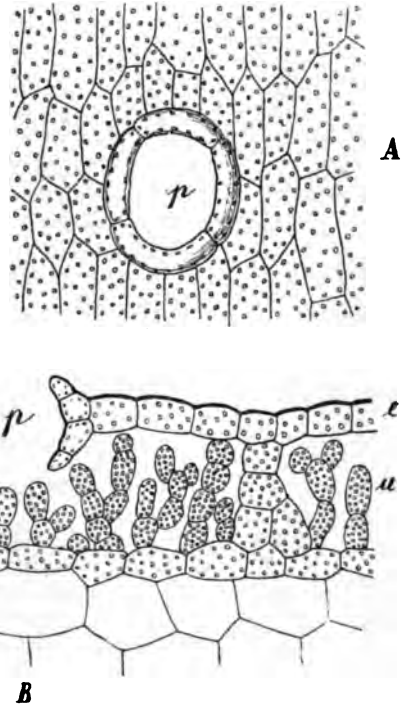
Die Gewebebildung der Moose steht gleichfalls auf ziemlich niedriger Stufe. Die Stämmchen, soweit es sich um beblätterte Formen handelt, bestehen aus gleichmässigen Parenchymzellen, nur bei einigen Laubmoosen ist ein centraler Strang dünnwandiger, langgestreckter Zellen vorhanden, die wahrscheinlich bei der Stoffleitung im Stämmchen eine Rolle spielen. Die Assimilationsflächen sind meist einschichtig,

höchstens findet sich ein mehrschichtiger Mittelnerv. An der Oberfläche des Stämmchens und in den Blattflächen der Torfmoose sind neben den Zellen mit lebendem

Inhalt grö-

sere leere Zellen vorhanden, deren durchlöchernte Wandung eine spiralbandartige Wandverdünnung aufweist (Fig. 142). Diese porösen, leeren Zellen dienen, indem sie kapillar Wasser von Aussen aufnehmen und längere Zeit gegen Verdunstung geschützt festhalten als Wasserreservoir für die lebenden Zellen der Pflanze. Aehnliche Einrichtungen sind von einer Anzahl anderer Laubmoose z. B. von dem bei uns in Wäldern häufigen *Leucobryum* bekannt.

Unter den thallosen Lebermoosen aus der Reihe der Marchantiaceen sind einige durch höhere Gewebedifferenzirung ausgezeichnet. Die Gattungen



Figur 143.

A Stück der Oberfläche des thallosen Sprosses von *Marchantia*. **B** Querschnitt durch den thallosen Spross. *p* Athemporus, *e* Epidermis, *a* Assimilationszellen.

Marchantia und *Fegatella* z. B., die auch in der einheimischen Flora vertreten sind, haben eine scharfabgegrenzte Epidermis mit Athemporen an der Oberseite ihres Thallus (Fig. 143). Unter der einschichtigen Epidermis liegen kammerartige Intercellularräume aus deren Boden kurze Reihen rundlicher, chlorophyllhaltiger Zellen hervorsprossen, welche das Assimilationsgewebe repräsentiren. Der untere, dem Boden zugekehrte Theil des Vegetationskörpers wird von grossen Parenchymzellen gebildet, zwischen denen einzelne Schleimzellen liegen.

Endlich möge hier noch das Vorkommen von Spaltöffnungen an den Sporenkapseln der Laubmoose Erwähnung finden. Die Wand der Laubmooskapseln, in denen die Sporen ausgebildet werden, wird im jugendlichen Zustande aus grünen Zellen gebildet, welche zwischen sich ein System von Intercellularräumen haben. Die Ausgangsöffnungen, durch welche diese Intercellularen mit der umgebenden Atmosphäre communiciren, sind Spaltöffnungen, welche in der Ausbildung der sie umgebenden Zellen der Hautschicht in manchen Fällen durchaus an die Spaltöffnungen der Gefasspflanzen erinnern.

Zweiter Abschnitt.

Die Physiologie der Pflanzen.

Die Physiologie ist die Lehre von den Lebenserscheinungen und Verrichtungen der Pflanzen und ihrer Organe. Wir können zwei Gruppen von Lebensvorgängen im Pflanzenleben unterscheiden: das vegetative Leben und die Fortpflanzung. Als vegetatives Leben bezeichnen wir die Summe aller Lebensäußerungen, welche sich auf die Erhaltung und Ausgestaltung des Pflanzenindividuums beziehen, unter dem Begriff der Fortpflanzung sind alle Vorgänge zusammengefasst, welche die Neubildung von Individuen und damit die Erhaltung der Pflanzenart bewirken.

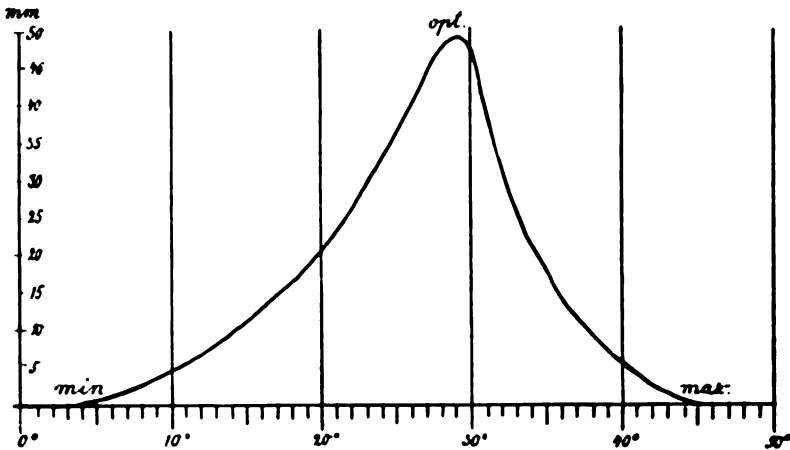
Erstes Kapitel. Das vegetative Leben.

1. Die Beziehungen der Pflanze zur Aussenwelt.

Alle Lebensäußerungen des Pflanzenkörpers sind als das Resultat des Zusammenwirkens zweier Faktoren anzusehen. Die äusseren Umstände unter denen der Pflanzenkörper sich befindet, liefern Stoff und Kraft für die Lebensvorgänge, die innere Struktur des Pflanzenkörpers ist massgebend für die Form, in welcher die Lebensäußerung in die Erscheinung tritt. Jeder Lebensvorgang ist anzusehen als das Endglied einer im Pflanzenkörper sich abspielenden complicirten Reihe chemischer und physikalischer Vorgänge, zu denen der Anstoss von den in der Aussenwelt gegebenen Lebensbedingungen gegeben wurde. Eine besondere Lebenskraft, deren Wirkungen nach anderen Gesetzen sich abspielten als die chemischen und physikalischen Processe, existirt nicht.

Unter den äusseren Umständen, welche für das Leben der Pflanze Bedeutung haben, sind als die wichtigsten zu nennen, die Wärme, das Licht, die Schwerkraft, das Vorhandensein von Wasser- und Nährstoffen und von Sauerstoff. Die Intensität der Schwerkraft und die den Pflanzen in der atmosphärischen Luft dargebotene Sauerstoffmenge sind in der Natur als constante Grössen gegeben; nur durch das Experiment ist es uns möglich, ihre Einwirkung auf den Pflanzenkörper zu modificiren.

Licht und Wärme, Wasser- und Nahrungszufuhr schwanken aber hinsichtlich der Intensität auch unter natürlichen Verhältnissen innerhalb weiter Grenzen. Die verschiedenen Intensitätsgrade, in denen die äusseren Lebensbedingungen der Pflanze dargeboten werden, üben auf die Lebensfunctionen derselben ganz verschiedene, oft geradezu entgegengesetzte Wirkungen aus. Während z. B. ein mittlerer Wärmegrad dem Wachstum der Pflanzen förderlich ist, sehen wir bei sehr niederen und bei sehr hohen Temperaturen das Wachstum gänzlich erlöschen. Man unterscheidet deshalb hinsichtlich der Einwirkung der äusseren Umstände auf die Lebensfunctionen der Pflanzen drei Intensitätsgrade als sogenannte Cardinalpunkte, das Minimum, das Optimum und das Maximum. Das Minimum ist derjenige niederste Intensitätsgrad des Lichtes, der Wärme, oder der Stoffzufuhr, bei welchem die Lebensäusserungen der Pflanze überhaupt beginnen. Sinkt der Intensitätsgrad unter das Minimum herab, so tritt



Figur 144.

Curve, welche das Längenwachstum der Wurzel einer dicotylen Pflanze in gleichen Zeiträumen unter dem Einfluss verschieden hoher Temperatur darstellt.

zunächst eine Sistierung der Lebensfunctionen und endlich der Tod ein. Als Optimum bezeichnet man denjenigen mittleren Stärkegrad der äusseren Einflüsse, der für die Lebensvorgänge der Pflanze am zuträglichsten ist. Das Maximum endlich gibt diejenige Intensitätshöhe der äusseren Einwirkung an, oberhalb welcher keine Aeusserung der Lebensfunctionen mehr wahrnehmbar ist. Man pflegt die Einwirkung der äusseren Umstände auf die Lebensthätigkeit der Pflanze in einer auf rechtwinklige Coordinaten bezogenen Curve darzustellen, für welche die Intensität der äusseren Lebensbedingungen die Abscissen, die Intensität der Lebensvorgänge in der Pflanze die Ordinaten liefern. In Figur 144 ist z. B. die Einwirkung der Wärme auf das Wachstum der Wurzel einer einheimischen Pflanze in dieser Weise dargestellt. Der Verlauf der Curve ergibt, dass etwa bei + 4 Grad das Wachstum beginnt, dass bei 28 Grad die Wurzel am kräftigsten wächst, und dass bei Temperaturen von 45 Grad und darüber

das Wachsthum gänzlich aufhört. Die einzelnen Pflanzenarten zeigen hinsichtlich der Lage der drei Cardinalpunkte individuelle Verschiedenheiten, welche aus dem Bau des Pflanzenkörpers und der Organisation der lebenden Substanz erklärt werden müssen. Es sollen im Folgenden die Wirkungen der verschiedenen äusseren Umstände mit Beziehung auf diese Thatsache kurz besprochen werden.

Die Wärme. Die Theile des Pflanzenkörpers besitzen im Allgemeinen annähernd dieselbe Temperatur, wie die sie umgebenden Medien, Erde, Wasser und Luft. Temperaturunterschiede können einmal dadurch entstehen, dass die Wärme des Mediums, wie es ja bei der Luft nicht selten ist, plötzlich wechselt. Sodann aber werden auch durch chemische und physikalische Prozesse im Innern des Pflanzenkörpers Temperaturschwankungen erzeugt, welche bisweilen im Stande sind, auf längere Zeit eine Temperaturdifferenz zwischen der Pflanze und ihrer Umgebung zu unterhalten. So wird z. B. von den oberirdischen Theilen der Pflanzen durch Strahlung Wärme abgegeben, ferner wird in ihnen bei dem Process der Wasserverdunstung Wärme gebunden, so dass häufig die Eigenwärme des Pflanzenkörpers um eine messbare Grösse hinter der Aussenwärme zurücksteht. Dagegen kann der intensive Athmungsprozess in keimenden Samen, in aufblühenden Blütenknospen u. a. m. eine zeitweilige Erhöhung der Temperatur gegenüber der Umgebung bewirken.

Der Skalenabschnitt des hunderttheiligen Thermometers von 0 Grad bis zu 50 Grad bezeichnet ungefähr die Temperaturgrenzen, innerhalb welcher bei unsern einheimischen Pflanzen überhaupt Lebensvorgänge sich abspielen können. Nehmen wir die Pflanzen anderer Himmelsstriche mit in Betracht, so verschieben sich die Zahlen etwas. An arktischen Algen sind z. B. selbst in dem einige Grade unter 0 abgekühlten Meerwasser noch Lebenserscheinungen beobachtet worden und bei vielen Pflanzen des tropischen und subtropischen Gebietes liegt das Minimum der zum Leben nöthigen Wärme mehr oder minder weit über dem Gefrierpunkt. Eine entsprechende Verschiebung kann auch bezüglich des Wärmemaximums stattfinden, und während das Optimum, die Temperatur, in welcher die gedeihlichste Entwicklung stattfindet, für die einheimischen Gewächse zwischen 25 und 35 Grad liegt, ergeben sich für die arktischen und für die tropischen Pflanzen entsprechend niedere beziehungsweise höhere Zahlen.

Gegen die Temperaturen, welche unterhalb des Minimums liegen, verhalten sich die Vegetationskörper der einzelnen Pflanzen sehr verschieden. Es spielt dabei offenbar der Wassergehalt der Gewebe eine grosse Rolle. Die Flechten, viele Pilze und Moose, die Bäume und Sträucher im Winterzustande, die Rhizome der Stauden und die Sporen und Samen der Pflanzen können ziemlich hohe Kältegrade ertragen ohne zu sterben. Sie nehmen bei Wiedereintritt wärmerer Witterung ihre Lebensthätigkeit wieder auf. Saftige Pflanzentheile dagegen, wie die Blätter und Blüten der Bäume und Sträucher, die krautigen Theile der Stauden und die Kräuter erleiden meist schon bei Temperaturen wenig unter dem Gefrierpunkt Veränderungen, welche ihr Absterben herbeiführen. Meistens ist dabei der Mangel an genügender Wasserzufuhr als direkte Todesursache

anzusehen. Während nämlich die Wasseraufnahme durch die Wurzeln in der Kälte sistirt ist, geht die Wasserverdunstung aus den saftigen Organen ungehindert fort, so dass ein Vertrocknen und damit der Tod der Zellen eintritt. Wirkliche Eisbildung findet im Innern der Pflanzen erst statt, wenn die Temperatur einige Grade unter den Gefrierpunkt gesunken ist. Es tritt dann ein Theil des Wassers aus den Zellen in die Interzellularräume und erstarrt dort zu nadelförmigen Krystallen. Dieser Vorgang tödtet an sich die Zellen noch nicht und es gelingt bisweilen, wenn man durch langsames Aufthauen den Zellen Gelegenheit gibt, das ausgeschiedene Wasser wieder aufzunehmen, gefrorene Pflanzentheile wieder ins Leben zu bringen. Im gewöhnlichen Verlauf der Dinge geht aber das abgegebene Wasser durch Verdunstung verloren, oder es erfüllt bei plötzlichem Aufthauen die Interzellularräume und bringt dadurch die Pflanzentheile zum Absterben.

Temperaturgrade, welche über dem Maximum liegen, bewirken in saftigen Pflanzentheilen ein Gerinnen des Protoplasmas und damit den Tod der Zellen. Trockene Pflanzentheile können dagegen ohne Schaden höhere Wärmegrade ertragen. Trockene Sporen und Samen verlieren selbst bei Erhitzen auf 100 Grad ihre Keimfähigkeit nicht. Die Sporen einiger Spaltpilze halten sogar ein längeres Liegen in kochendem Wasser ohne Schaden aus.

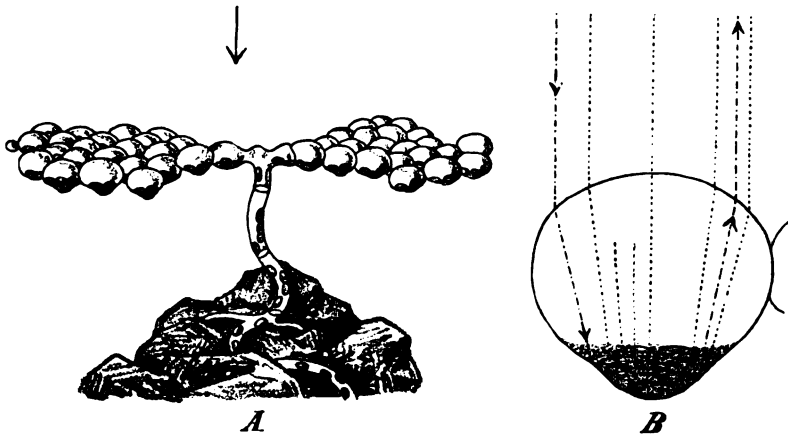
Das Licht. — Wie bei Besprechung der Wärme können wir auch hier zunächst die Frage aufstellen, ob die Pflanzen im Stande sind, eigenes Licht zu erzeugen. Im Allgemeinen ist das nicht der Fall, nur bei einigen niederen Pflanzen, Bacterien und Pilzen, ist ein Selbstleuchten in Folge intensiver Athmung nachgewiesen worden. So leuchtet z. B. das Mycel des einheimischen, im Holz der Bäume schmarotzenden Hutmilzes *Agaricus melleus* im Dunkeln mit schwachem, phosphorartigem Scheine. In anderen Fällen, in denen eine Lichtausgabe bei Pflanzen constatirt werden kann, handelt es sich um Reflection des aufgenommenen Tageslichtes. So finden wir an den Vorkeimen des in Felshöhlen wachsenden Laubmooses *Schistostega osmundacea* wasserhelle, kugelförmige Zellen, in denen an der vom einseitig einfallenden Lichte abgewendeten Seite einige Chlorophyllkörper liegen (Fig. 145). Die Lichtstrahlen werden in Folge der Strahlenbrechung im vorderen Theil der Zelle auf die Gruppe der Chlorophyllkörper vereinigt und kehren von dort, soweit sie nicht absorbiert werden, auf dem gleichen Wege zurück, so dass die Pflänzchen dem Auge des Beschauers im smaragdgrünen Glanze erscheinen.

Was nun das Lichtbedürfniss der Pflanzen anbetrifft, so kann zunächst der allgemeine Satz aufgestellt werden, dass alle grüngefärbten Pflanzentheile wenigstens zeitweilige Beleuchtung erfordern, um ihre Functionen zu erfüllen. Lassen wir Samen einer grünen Pflanze unter Lichtabschluss keimen, so entwickeln sich die Keimlinge nicht in normaler Weise. Es entstehen bleichgelbliche Pflanzen von abnormer Gestalt, welche nach kurzer Entwicklungsdauer zu Grunde gehen. Man bezeichnet solche Pflanzen als etiolirte Pflanzen, die Gesamtheit der durch die Verdunkelung an ihnen hervorgerufenen Erscheinung als Etiolement. Die auffälligste Erscheinung an etiolirten Pflanzen ist das Ausbleiben der Chlorophyllbildung

in den Zellen des Assimilationsgewebes, nur in wenigen Ausnahmefällen, z. B. bei den Keimpflanzen der Nadelhölzer, bildet sich auch im Dunkeln der Farbstoff aus.

Der Nachtheil, welchen erwachsene mit Chlorophyll versehene Pflanzen durch den gänzlichen Lichtabschluss erleiden, beruht, abgesehen von der Etiolirung der im Dunkeln sich entwickelnden Theile, hauptsächlich darin, dass die Kohlensäurezersetzung, ein wichtiger Faktor bei dem Aufbau der organischen Substanzen im Pflanzenkörper, gänzlich unterbleibt, — eine tiefgreifende Ernährungsstörung, durch welche endlich der Tod der Pflanze herbeigeführt werden muss.

Die angeführten Thatsachen lehren, dass für die grünen Pflanzen das Minimum der Lichtintensität über dem Nullpunkt liegt. Das Belichtungs-optimum, der Grad der Helligkeit, welcher die Lebensfunctionen am meisten begünstigt, ist für die einzelnen mit Chlorophyll versehenen Gewächse



Figur 145.

A Vorkeim des Leuchtmooses *Schistostega osmundacea*. **B** Schema des Strahlenganges in einer einzelnen Vorkeimzelle. Die Pfeile deuten die Richtung der Lichtstrahlen an (nach Noll.)

sehr verschieden. Viele Rothalgen gedeihen in grossen Meerestiefen, zu denen nur ein sehr gedämpftes Licht hinabdringt. Viele Moose und Farne und auch manche Blütenpflanzen wachsen im tiefsten Waldesschatten oder im Halbdunkel von Felsspalten und Höhlen. Die meisten höheren Pflanzen dagegen bedürfen zu ihrer gedeihlichen Entwicklung zeitweiliger Beleuchtung durch direktes Sonnenlicht und dem Pflanzenwuchs sonniger Berghänge, den Steppenpflanzen und Wüstenpflanzen ist selbst eine täglich wiederkehrende Einwirkung grellsten Sonnenlichtes zuträglich. Entsprechend der wechselnden Lage des Optimums ist auch das Helligkeitsmaximum für die einzelnen Pflanzenarten verschieden. Den Schattenpflanzen schadet längere Einwirkung des direkten Sonnenlichtes. Für die Pflanzen, welche diesen höchsten in der Natur dargebotenen Helligkeitsgrad ertragen, ist es schwer, ein Maximum der Beleuchtungsintensität festzustellen. Versuche,

welche mit concentrirtem Sonnenlicht angestellt wurden, machen es wahrscheinlich, dass eine zeitweilige Steigerung der Lichtstärke dauernde Schädigung des Chlorophyllapparates hervorzurufen vermag.

Die chlorophyllfreien Pflanzen, z. B. die Pilze, verhalten sich in Beziehung auf das Lichtbedürfniss verschieden. Während einige bei dauerndem Lichtabschluss ein in Gestaltveränderungen oder in functionellen Störungen sich äusserndes Etiolement erfahren, können andere ohne Schaden im Dunkeln wachsen, die vegetativen und reproductiven Prozesse spielen sich bei ihnen im Licht wie im Dunkeln in gleicher Weise ab. Manche chlorophyllfreien Pflanzen erfahren durch die Beleuchtung sogar eine Verzögerung ihrer Entwicklung oder werden gar durch Licht von gewisser Intensität getödtet. Setzt man z. B. einen festen Nährboden, in welchem

entwicklungsfähige Typhusbakterien gleichmässig vertheilt sind, in einzelnen Theilen dem direkten Sonnenlicht aus, während man andere Theile etwa durch darübergelegte Staniolstreifen beschattet, so werden die Keime in den von der Sonne beschienenen Theilen getödtet. Nur in den beschatteten Theilen der Gelatine entwickeln sich die Spaltpilze zu makroskopisch erkennbaren Colonien (Fig. 146).

Neben der Intensität ist auch die Richtung der Lichtstrahlen von Bedeutung. Solange eine Pflanze allseitig annähernd gleichmässig nur von diffussem Licht getroffen wird kommt diese Art der Lichtwirkung natürlich nicht zur Geltung, sobald aber der Pflanzenkörper einseitig beleuchtet wird, können in demselben Bewegungserscheinungen hervorgerufen werden, deren Endresultat zu der Richtung der Lichtstrahlen in bestimmter Beziehung steht. Man bezeichnet die Fähigkeit der Pflanzen, durch Bewegungen auf die Einwirkung



Figur 146.

Culturplatte von Typhusbacillen, welche nach der Aussaat theilweise dem Sonnenlicht ausgesetzt war. Einzelne Stellen waren dabei durch aufgelegte Staniolstreifen, welche das Wort Typhus bildeten, beschattet. Nur dort haben sich Bacteriencolonien entwickelt, so dass die Buchstaben jetzt in der durchsichtigen Platte deutlich hervortreten (nach Buchner).

einseitiger Beleuchtung zu reagiren, als Heliotropismus. Da hierbei die Art der Lichteinwirkung nur den Anstoss zu der Lebensäusserung gibt, die dadurch ausgelöste Reihe chemischer und physikalischer Vorgänge, welche die heliotropische Bewegung bewirken, aber nicht als direkte Fortwirkung des Lichteinflusses angesehen werden kann, so gehört der Heliotropismus in das Gebiet der Reizerscheinungen, welches später im Zusammenhang behandelt werden soll.

Die Schwerkraft. — Die Intensität der Schwerkraft ist überall auf der Erde annähernd dieselbe. Die geringen Unterschiede, welche in verschiedenen Meereshöhen und in verschiedenen Breiten bemerkbar sind, lassen keinen Einfluss auf die Pflanzenwelt erkennen.

Die Richtung, in welcher die Schwerkraft den Pflanzenkörper trifft, steht zu der Wachstumsrichtung der Organe in Beziehung. So wächst z. B. die Hauptwurzel der meisten Pflanzen mit der Richtung der Schwerkraft senkrecht abwärts; die meisten Sprosse dagegen erheben sich entgegen der Richtung der Schwerkraft senkrecht nach oben. Wenn wir die Pflanzen aus ihrer normalen Lage bringen, ohne ihre sonstigen Lebensbedingungen zu ändern, so werden durch die in veränderter Richtung einwirkende Schwerkraft Bewegungen veranlasst, welche dahin führen, dass die Organe wieder ihre normale Lage zum Erdradius gewinnen. Diese Bewegungen, welche ja zum Theil wie das Aufsteigen der Sprosse direkt der Gravitation entgegenwirken, sind als Reizwirkungen anzusehen, für welche die in veränderter Richtung einwirkende Schwerkraft nur die Auslösung bewirkt. Man bezeichnet die Reizbarkeit, welche die Pflanzen befähigt ihre Organe in eine bestimmte Lage zur Richtung der Schwerkraft zu stellen, als Geotropismus. Wir werden uns mit derselben später in einem besonderen Abschnitt näher zu beschäftigen haben.

Wasser und Nährstoffe. — Das Wasser gehört zu den wichtigsten Lebensbedingungen der Pflanzen, ohne Wasser müssen alle Lebenserscheinungen aufhören. Die Menge des zum Leben nöthigen Wassers ist aber für die einzelnen Pflanzen sehr verschieden. Während sehr viele Wasserpflanzen mit ihrem ganzen Vegetationskörper im Wasser leben und oft schon durch kurze Unterbrechung des vollen Wassergenusses getödtet werden, sind die meisten Landpflanzen im Stande auch einem verhältnissmässig trockenen Erdboden mit ihren Wurzeln die nöthige Wassermenge zu entziehen. Manche Arten sind mit Einrichtungen versehen, welche ihnen gestatten, Wasser in ihrem Innern aufzuspeichern; sie werden dadurch in den Stand gesetzt, auch zu Zeiten, in denen ihnen von aussen kein Wasser zugeführt wird, ihre Lebensprocesse zu unterhalten. Wieder andere Formen, z. B. die meisten Moose und Flechten, können ohne dauernden Schaden zeitweilige Austrocknung ertragen, eine Eigenthümlichkeit, welche auf die Beschaffenheit ihres Protoplasmas zurückzuführen ist.

Mit dem Wasser werden von der Pflanze die anorganischen Nährsalze aufgenommen, ausser ihnen kommt als Nährstoff noch die Kohlensäure der Luft in Betracht. Das Mengenverhältniss, in welchem die Nährsalze und die Kohlensäure den aufnehmenden Pflanzenorganen zur Verfügung stehen, ist für die Lebensverrichtungen der Pflanze nicht ohne Bedeutung. Zu geringe Mengen der Nährstoffe schädigen selbstverständlich den Ernährungsprocess; aber auch zu grosse Mengen können schädlich wirken, indem sie Wachsthumshemmungen hervorrufen oder in anderer Weise die Lebensthätigkeit der Pflanze ungünstig beeinflussen.

Der Sauerstoff. — Der Sauerstoff ist allen höheren und den meisten niederen Pflanzen zur Unterhaltung ihrer Lebensprocesse unbedingt nöthig. Nur einige gährungszeugende Pilze und Bakterien sind im Stande, bei Sauerstoffabschluss zu leben, bei allen übrigen werden durch Entziehung des Sauerstoffes die Lebensäusserungen sistirt, es tritt ein Zustand latenten Lebens ein, den man als Asphyxie bezeichnet. Wird nach einer nicht zu langen Zeit der Pflanze wieder Sauerstoff zugeführt,

so weicht der Starrezustand und die Lebensfunctionen setzen allmählich wieder ein; längeres Verbleiben im sauerstofffreien Raum führt den Tod der Pflanze herbei.

Den Wasserpflanzen steht der im Wasser absorbirte Sauerstoff zur Verfügung. Den Landpflanzen liefert für ihre oberirdischen Organe die atmosphärische Luft den Sauerstoff, aber auch die unterirdischen Theile bedürfen des Gases. Gewöhnlich findet sich in den Hohlräumen zwischen den einzelnen Bodenpartikelchen und in dem den Boden durchtränkenden Wasser absorbirt eine genügende Sauerstoffmenge vor. In luftarmem Sumpfboden, oder wenn durch Verschlammung des Bodens — etwa durch zu reichliches Begiessen einer Topfpflanze — die Luft aus dem Boden verdrängt wird, können die unterirdischen Organe der Pflanzen nicht gedeihen, es sei denn, dass sie wie die auf Seite 25 (Figur 30) erwähnte *Jussiaea* besondere Organe besitzt, welche einen Zutritt der atmosphärischen Luft auch zu den im Boden steckenden Theilen ermöglicht.

Die Menge des Sauerstoffes, welche den Pflanzen in der Atmosphäre dargeboten ist, beträgt ungefähr 21 Procent. Wenn man den Sauerstoffgehalt der Luft künstlich steigert, so wird zunächst die Lebensthätigkeit der Pflanze noch befördert, steigt die absolute Sauerstoffmenge über ein bestimmtes Maass hinaus, so treten Störungen in dem Stoffwechsel ein, welche endlich den Tod der Pflanze herbeiführen.

2. Der Stoffwechsel.

Die Ernährung. — Als Ernährung bezeichnen wir die Vermehrung der Körpersubstanz eines Organismus. Die Stoffe, aus denen der Körper der Pflanzen zusammengesetzt ist, sind ausser dem Wasser der Hauptsache nach Kohlehydrate, Eiweisssubstanzen und Fette. Die grünen Gewächse vermögen die organischen Verbindungen im Innern ihres Körpers aus den anorganischen Elementarstoffen aufzubauen, so dass also zu ihrer Ernährung nur die Aufnahme von anorganischen Substanzen nöthig ist. Die aufgenommenen Stoffe werden als Nährstoffe bezeichnet. Die Pflanzen, denen der grüne Farbstoff mangelt, sind bei ihrer Ernährung auf die Aufnahme organischer Verbindungen angewiesen. Sie gewinnen die für sie nöthigen organischen Nährstoffe in verschiedener Weise. Entweder eignen sie sich Theile von abgetödteten, in Zerfall begriffenen Thier- und Pflanzenkörpern an — sie werden dann Saprophyten genannt, oder sie befallen als Schmarotzer oder Parasiten lebende Thiere oder Pflanzen und berauben dieselben unter mehr oder minder erheblicher Schädigung der zum eigenen Gedeihen nöthigen Stoffe. Als Insektivoren bezeichnet man eine Gruppe von Pflanzen, welche mit Hilfe besonderer Baueinrichtungen im Stande sind, lebende Thiere einzufangen und zu tödten, um die lösliche Körpersubstanz derselben zur eigenen Ernährung zu verwenden. Wir werden im Folgenden zunächst die Ernährungsverhältnisse der chlorophyllhaltigen Pflanzen besprechen und später auch auf die Eigenthümlichkeiten der Saprophyten und Parasiten und der Insektivoren kurz eingehen.

Die Herkunft der Nährstoffe. — Wenn wir die Substanzen, aus welchen der Pflanzenkörper besteht, durch chemische Analyse in ihre elementaren Bestandtheile zerlegen, so erhalten wir in allen Fällen Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Phosphor und Schwefel. Ausserdem treten in vielen Fällen noch Silicium, Natrium, Lithium, Aluminium, Zink, Mangan, Chlor, Jod, Brom und seltener auch Nickel, Kobalt, Kupfer, Strontium und Baryum in Pflanzenaschen auf. Nur die erstgenannten zehn Elemente sind also im Allgemeinen als wesentliche Bestandtheile des Pflanzenkörpers zu bezeichnen. In den Samen der Gewächse sind diese Elemente gleichfalls vorhanden, indess ist dort ihre Menge bedeutend geringer als in der aus dem Samen erwachsenen Pflanze. Es müssen also durch die Ernährung diese Elemente in den Pflanzenkörper eingeführt werden. Mit dem Wasser, welches den Erdboden durchtränkt, nehmen die Landpflanzen durch ihre Wurzeln zugleich die darin in kleinen Mengen gelösten phosphorsauren, schwefelsauren und salpetersauren Salze des Kalium, Calcium, Magnesium und Eisens auf, und erlangen damit alle die Elementarsubstanzen, welche für ihre Ernährung wesentlich sind, mit alleiniger Ausnahme des Kohlenstoffes. Der letztere stammt aus der Kohlensäure der atmosphärischen Luft und wird direkt von den oberirdischen grünen Theilen der Pflanzen aufgenommen und zum Aufbau der organischen Verbindungen verarbeitet.

Als eine Ausnahme von der Regel ist die Thatsache anzusehen, dass die Leguminosen zur Deckung ihres Stickstoffbedarfs auch den freien Stickstoff der Atmosphäre in einer bisher noch nicht genügend aufgeklärten Weise sich aneignen können.

Die untergetaucht lebenden Wasserpflanzen finden die Elementarstoffe überall in dem sie umgebenden Wasser vor und nehmen dieselben mit ihrer gesammten Körperoberfläche in sich auf. Die Kohlensäure entnehmen die Wasserpflanzen aus der im Wasser absorbirten Luft.

Um die Bedeutung der einzelnen anorganischen Nährstoffe für die Pflanze nachzuweisen, bedient man sich der künstlichen Ernährung. Ein hoher, mehrere Liter fassender Glaszylinder wird mit destillirtem Wasser angefüllt, in welchem die anorganischen Pflanzennährstoffe in geringer Menge gelöst sind. Das Mengenverhältniss der einzelnen Substanzen kann innerhalb ziemlich weiter Grenzen verschieden sein, da die Pflanzen in Folge eines specifischen Wahlvermögens stets nur so viel aus der Lösung aufnehmen, als zu ihrem Gedeihen erforderlich ist. Indess ist eine allzu grosse Concentration der Nährsalze zu vermeiden, da dieselbe, wie wir gesehen haben, die Pflanzen schädigt. Als eine brauchbare Nährlösung kann die folgende empfohlen werden:

1000	Gr.	destillirtes Wasser,
0,5	„	Salpeter,
0,2	„	phosphorsaurer Kalk,
0,2	„	schwefelsaure Magnesia,
0,1	„	Eisenvitriol.

Auch das folgende Recept wird als brauchbare Nährlösung für Wasserkulturen empfohlen:

1000	Gr.	destillirtes Wasser,
1	„	salpetersauren Kalk,
0,25	„	Chlorkalium,
0,25	„	schwefelsaure Magnesia,
0,25	„	phosphorsaures Kali,

einige Tropfen einer schwachen Eisenchloridlösung.

Das in dieser Lösung neben den unerlässlichen Nährstoffen noch vorhandene Chlor ist nicht unbedingt notwendig für die Pflanzen, indess

scheint es, dass in manchen Fällen die Basen in der Form von Chloriden besser von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet werden können.

Den mit einer solchen Nährlösung gefüllten Cylinder bedecken wir mit einem Porzellandeckel, welcher einen etwa 1 cm breiten Einschnitt bis zur Mitte besitzt (Fig. 147). In dem Einschnitt befestigen wir mit einem Wattebausch eine Keimpflanze etwa von Zea Mais so, dass die Wurzel in die Nährlösung taucht, während die Sprossspitze über den Deckel emporragt. Der von der Maispflanze nicht eingenommene Theil des Einschnittes wird, um Pilzkeime fernzuhalten, mit weissem Papier überklebt, das zugleich zur Etikettirung der Versuchspflanze dient. Um die Ansiedelung von Algen in der Nährlösung zu verhindern, setzt man den Glaszylinder in eine Hülse von undurchsichtiger Pappe. Die in der Nährlösung vorhandenen Stoffe genügen, um die Pflanze auch nachdem die im Samen vorhandenen Reservestoffe verbraucht sind, dauernd zu ernähren, man muss nur dafür sorgen, dass von Zeit zu Zeit ein Luftstrom durch die Nährlösung geleitet wird, damit es den sich reichlich entwickelnden Wurzeln nicht an Athemluft fehlt, und dass die Lösung ab und an erneuert wird.

Um nun darzuthun, dass die in der Nährlösung vorhandenen Elementarstoffe für das Gedeihen der Pflanzen unerlässlich sind, stellen wir verschiedene Nährlösungen her, in denen einzelne der nöthigen Elementarsubstanzen fehlen. Die Kultur von Pflanzen in solchen unvollständigen Lösungen



Figur 147.

Wasserkultur einer Maispflanze. Um die Einrichtung des Deckels und das Innere des Gefäßes erkennbar zu machen, sind das zum Verschliessen des Spaltes im Deckel dienende Papier und die Papphülse des Glaszylinders in der Zeichnung fortgelassen. Erklärung im Text auf Seite 150.

ergiebt als bemerkenswerthestes Resultat, dass sich die Keimlinge nur so lange normal entwickeln, als die in den Samen vorhandenen Reservestoffe ausreichen.

Aufnahme der Nährstoffe. — Der Körper der Landpflanzen ist wie wir früher gesehen haben, überall mit einer Hautschicht umgeben, welche für Wasser schwer durchlässig ist. Der Eintritt des Wassers und der darin gelösten anorganischen Stoffe kann deshalb nur an ganz bestimmten Stellen des Pflanzenkörpers, nämlich an den jüngsten Theilen der Wurzeln vor sich gehen.

Um die Wirkungsweise der Wurzel als Organ für die Aufnahme des Wassers und der Nährstoffe richtig zu erkennen, müssen wir zuerst eine Vorstellung von der physikalischen Beschaffenheit, von dem mikroskopischen



Figur 148.

Ausbreitung der Wurzelhaare im Erdreich. *T* Mikroskopisch kleine Bodentheilchen, welche von einer dünnen Wasserschicht umhüllt sind, *γ*, *δ* luftführende Zwischenräume. *e* Epidermis der Wurzel, *h* Wurzelhaar, bei *s* mit den Bodentheilchen verwachsen (nach Sachs).

Bau der die Wurzel umgebenden Erde zu gewinnen suchen. Die Erde, in welcher die Pflanzen wachsen, besteht zum grössten Theil aus kleinsten Gesteintrümmern von verschiedener chemischer Beschaffenheit. Zwischen diesen unregelmässig gestalteten Bodentheilchen bleiben kleine Hohlräume, welche zum Theil mit Luft erfüllt sind. Das im Boden enthaltene Wasser überzieht in mehr oder minder mächtiger Schicht die einzelnen Bodentheilchen und kleidet also gewissermassen die Hohlräume zwischen denselben aus (Fig. 148).

An den jüngsten Theilen der Wurzeln wachsen die Oberflächenzellen zu Wurzelhaaren aus, dieselben schieben sich bei ihrem Wachsthum zwischen die kleinen Gesteintheilchen des Erdbodens hinein und verwachsen innig mit denselben. Wenn man eine Wurzel vorsichtig aus dem Boden

herausnimmt, so findet man die jüngsten Theile derselben stets mit Erdtheilen bedeckt, welche durch die Wurzelhaare festgehalten werden. Die Wurzelhaare sind zarte Schläuche, sie besitzen eine dünne Cellulosewand, welche dem Wasser den Durchtritt auf osmotischem Wege ermöglicht. Die Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln der Pflanzen lässt sich durch ein einfaches Experiment erläutern, welches zugleich über die Menge des aufgenommenen Wassers Aufschluss gibt. Die in Fig. 149 dargestellte weithalsige Flasche besitzt unten seitlich ein kurzes Ansatzrohr,



Figur 149.

Apparat (nach Pfeffer) zur Messung der von der Wurzel einer Pflanze aufgenommenen Wassermenge. Erklärung im Text auf Seite 152.

in welches die rechtwinklig gebogene graduirte Röhre mit einem Gummistopfen wasserdicht eingefügt ist. In die ganz mit Wasser angefüllte Flasche wird eine Pflanze mit Hülfe eines halbirten Korkstopfens so eingesetzt, dass die Wurzel sich im Wasser befindet, der Spross aber über den Hals der Flasche hervorragt. Die Einfügungsstelle im Hals der Flasche wird ringsherum vermittelst eines aus Wachs und Kolophonium zusammengeschmolzenen Kittes luftdicht verkittet. Der Wasserspiegel in der graduirten Röhre wird mit einer Oelschicht bedeckt und dadurch vor Verdunstung geschützt. Nach Einsetzung der Pflanze wird das Niveau des Wassers in der graduirten Röhre an der Theilung abgelesen. Nach einiger Zeit ist das Wasser in dem Rohr gesunken und die erneute Ablesung ergibt die Menge des von der Pflanze aufgenommenen Wassers.

Die Wasseraufnahme durch die Wurzel wird von der Temperatur beeinflusst. Wenn die Wärme innerhalb gewisser Grenzen steigt, so wird die Saugthätigkeit der Wurzel erhöht; wenn dagegen der Boden sich abkühlt, so verringert sich die Menge des aufgenommenen Wassers. Die Hemmung der Wasseraufnahme durch niedere Temperatur kann selbst soweit gehen, dass die aufgenommene Wassermenge nicht mehr für den Verbrauch der oberirdischen Pflanzentheile ausreicht. Die saftigen Pflanzentheile gehen dann durch Vertrocknen zu Grunde.

Spätfröste im Frühling veranlassen auf diese Weise öfters das Absterben der schon ausgetriebenen Blätter und jungen Sprosse der Waldbäume. Man pflegt diese Erscheinung als das Erfrieren der Pflanzen zu bezeichnen. In Wirklichkeit handelt es sich aber um ein Vertrocknen, welches durch die Einwirkung der Kälte auf die Wurzel verursacht wurde.

In dem mit den Bodentheilen in steter Berührung befindlichen Wasser sind die für die Pflanze nöthigen anorganischen Stoffe immer wenn auch in äusserst geringer Menge gelöst, so dass mit der Aufnahme des Wassers

zugleich auch die Nährsalze dem Pflanzenkörper zugeführt werden. Indess sind auch die Wurzeln der Pflanzen im Stande, durch Ausscheidung einer Säure gewisse feste Bodenbestandtheile zu lösen und dadurch zur Aufnahme durch die Wurzelhaare vorzubereiten. Legt man z. B. in die Erde eines Blumentopfes, in welchem eine Pflanze kultivirt wird, eine polirte Marmorplatte, so findet man nach einiger Zeit die polirte Platte überall dort wo sie mit dem Wurzelsystem der Pflanze in Berührung kam, deutlich angeätzt.

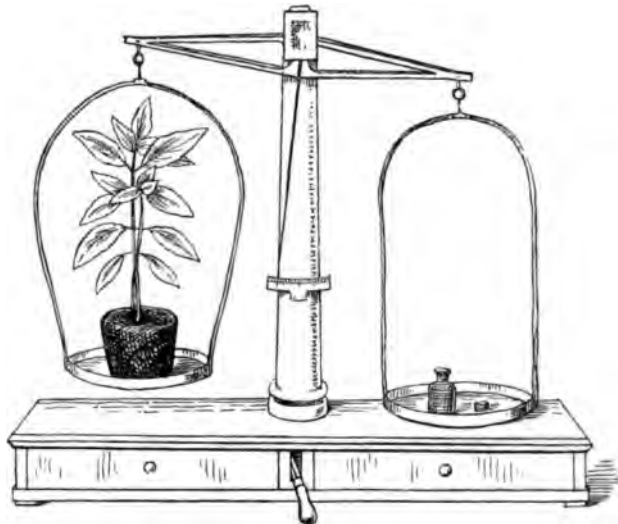
Als Eingangsöffnungen für die Kohlensäure in den Pflanzenkörper sind bei den höheren Gewächsen die Spaltöffnungen anzusehen. Sie stellen eine offene Verbindung zwischen der in den Intercellularräumen enthaltenen inneren und der äusseren Luft her. Die an die Intercellularräume grenzenden Zellen des Assimilationsgewebes entnehmen die Kohlensäure direkt aus der Luft der Intercellularen, und durch die Spaltöffnungen hindurch findet fortgesetzt ein Ausgleich des Kohlensäuregehaltes der innern und äussern Luft statt. Bei den Wasserpflanzen und bei vielen niederen

Chlorophyllpflanzen, deren Oberhaut nicht durch eine starke Cutikula für den Gasdurchtritt unwegsam gemacht wird, tritt die Kohlensäure direkt aus der Umgebung in die Zellen der Pflanze ein.

Der Transport des Wassers und der Bodensalze im Pflanzenkörper.

— Der Vorgang, durch welchen im Pflanzenkörper aus der Kohlensäure, das Licht und dem aus dem Boden entnommenen Wasser die Kohlenstoffverbindungen erzeugt werden, wird Assimilation genannt. Die Assimilation findet in dem Assimilationsgewebe der oberirdischen Pflanzentheile, vor allen Dingen also in den Blättern, statt. Während, wie wir gesehen haben, die Kohlensäure der Luft direkten Zutritt zu diesen Organen hat, ist es nöthig, dass das durch die Wurzeln aufgenommene Wasser mit den darin gelösten Nährsalzen zu ihnen transportirt wird.

Die Menge des bei der Assimilation zum Aufbau der Kohlehydrate verbrauchten Wassers ist gering. Viel bedeutender ist die Wassermenge, welche durch Verdunstung von den Zellen abgegeben wird. Man bezeichnet die Abgabe von Wasserdampf durch die Pflanze als Transpiration. Wir



Figur 150.

Versuch zur Bestimmung der von einer Pflanze in einer gewissen Zeit verdunsteten Wassermenge. Erklärung im Text auf S. 154.

können uns den Vorgang im Allgemeinen so vorstellen, dass die Zellen des Assimilationsgewebes Wasser in Dampfform in die Interzellularräume abscheiden, von wo es durch die Spaltöffnungen in die Atmosphäre gelangt. Der dadurch entstehende Verlust wird zunächst aus den weiter rückwärts liegenden Zellen gedeckt, welche ihrerseits aus den Gefäßbündeln ihren Wasserbedarf entnehmen. Die Wasserbewegung, welche in dieser Weise gewissermassen durch eine von den transpirirenden Zellen ausgehende Saugung veranlasst ist, wird als Transpirationsstrom bezeichnet.

Die Abgabe von Wasser in Dampfform durch die Pflanze lässt sich leicht durch einige Experimente demonstrieren. An einer Topfpflanze werden die Wände des Topfes und die Oberfläche der Erde durch Ueberbinden mit Guttaperchapapier gegen Wasserverdunstung geschützt und die Pflanze mit einer Glasglocke überdeckt. Durch die Transpiration der Pflanze wird die unter der Glocke abgeschlossene Luftmenge mit Wasserdampf gesättigt, der sich theilweise in Form von Wassertropfen an den Wänden der Glocke niederschlägt.

Um über die Menge des durch Transpiration von der Pflanze abgegebenen Wassers eine Vorstellung zu gewinnen, dient der folgende Versuch.

Man bringt eine beblätterte Topfpflanze, bei welcher Topf und Erde in ähnlicher Weise gegen Abgabe von Wasser an die Luft geschützt sind, auf die eine Schale einer Waage und stellt durch Auflegen von Gewichten auf die andere Schale das Gleichgewicht her. Schon nach kurzer Zeit hat sich, hauptsächlich durch die Transpiration, das Gewicht der Pflanze soweit vermindert, dass die Schale mit den Gewichten nach unten sinkt (Fig. 150). Indem man durch Auflegen von Gewichten auf die Schale mit der Pflanze das Gleichgewicht wieder herstellt, kann man bestimmen, wieviel die Gewichtsabnahme einer Pflanze in einer bestimmten Zeit beträgt. Indes ist die gefundene Gewichts Differenz nicht genau auf die Rechnung der Transpiration zu setzen, da während der Versuchszeit auch noch durch andere Vorgänge, durch Assimilation und durch Athmung eine wenn auch geringe Beeinflussung des Gewichtes der Pflanze im positiven oder negativen Sinne stattgefunden haben kann.

Die Menge des durch Verdunstung von der Pflanze abgegebenen Wassers ist von den äusseren Umständen abhängig. Wenn der Wassergehalt der Atmosphäre sich dem Sättigungsgrade nähert, wird die Transpiration der Pflanzen auf ein Minimum beschränkt.

Die Spaltöffnungen, welche wie wir gesehen haben, bei den höheren Pflanzen die Ausgangsöffnungen für den Wasserdampf darstellen, beeinflussen durch ihre Formänderung die Transpiration. Wenn die Spalten geschlossen sind, so wird das Ausströmen des die Interzellularräume erfüllenden Wasserdampfes sehr verlangsamt und in Folge dessen auch die Wasserabgabe der Zellen bedeutend erschwert. Im Lichte sind, wenn den Pflanzen genügende Wassermengen zur Aufnahme zur Verfügung stehen, die Spaltöffnungen weit offen und gestatten eine reichliche Transpiration. Die Pflanzen der Wüsten und Steppen, die Pflanzen, welche auf einem sehr salzhaltigen Boden oder in kaltem Sumpfboden wachsen, sind aus verschiedenen Ursachen auf eine geringe Wasseraufnahme

angewiesen. Wir finden dementsprechend bei ihnen besondere Einrichtungen, welche geeignet sind, die Transpiration herabzusetzen. In dem Abschnitt über die Morphologie der Pflanzen haben wir in der Ausbildung von Rollblättern und Schuppenblättern, in der Unterdrückung der Blattbildung bei den Stammsucculenten, in der Entwicklung einer dicken Cuticula, deren Wirkung oft noch durch Auf- oder Einlagerung von Wachs erhöht wird, derartige Einrichtungen kennen gelernt. Häufig sind die Spaltöffnungen bei derartigen Gewächsen in Rillen oder Falten der Oberfläche der Blätter oder der Sprosse eingesenkt, oder der Austritt des Wasserdampfes wird durch eine dichte Behaarung der Oberfläche erschwert.

Das früher angeführte Beispiel, dass in kalten Frühlingsnächten die jungen Triebe der Bäume vertrocknen, weil die Wurzeln in dem stark abgekühlten Boden nicht die genügende Wassermenge aufzunehmen vermögen, beweist, dass die Menge des durch die Wurzel aufgenommenen Wassers von dem Wasserverbrauch in den oberirdischen Organen nicht direkt beeinflusst wird. Umgekehrt wie hier kann auch die Menge des von der Wurzel aufgenommenen Wassers den Bedarf in dem Sprosse bedeutend übersteigen. Das Wasser wird dann von der Wurzel her mit einer gewissen Kraft in den Spross hineingepresst und kann bei genügend grosser Differenz zwischen Zufuhr und Verbrauch in Tropfenform an den Blättern hervorgepresst werden. Wenn wir z. B. ein in einem Topf ausgepflanztes Exemplar von *Alchemilla vulgaris*, um die Transpiration möglichst zu verringern, mit einer gut schliessenden Glasglocke überdecken und durch Erwärmung vom Boden her die Thätigkeit der Wurzel in dem gut durchfeuchteten Erdreich möglichst steigern, so sehen wir schon nach kurzer Zeit an den Blattzähnen Wassertropfen hervortreten. Im Sommer kann man, wenn nach warmen Nächten durch hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft die Transpiration der Gewächse vermindert ist, diese Erscheinung auch in der freien Natur beobachten, sie darf nicht verwechselt werden mit der Thaubildung, welche darauf beruht, dass die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit sich auf den in Folge der Wärmestrahlung unter die Temperatur der Luft abgekühlten Pflanzentheilen niederschlägt.

Bei vielen Gewächsen erfolgt die Ausscheidung des tropfbaren Wassers durch die an den Blättern vorhandenen Wasserspalten, in anderen Fällen, z. B. bei vielen Grasblättern, dringen die Tropfen aus Rissen in der Epidermis hervor, oder sie werden an zarteren Stellen der Oberhaut durch die mit Wasser durchtränkte Zellwand hervorgepresst.

Dass der Austritt des tropfbaren Wassers wirklich durch Druckkräfte veranlasst werden kann, lehrt der folgende einfache Versuch. In den kurzen Schenkel eines ungleichschenkligen U-Rohres wird ein abgeschnittener Spross von *Impatiens noli tangere* oder *Balsamine* luftdicht eingekittet, so dass seine Schnittfläche in das in der Röhre befindliche Wasser taucht (Fig. 151 A). In den langen Schenkel des Rohres wird Quecksilber geschüttet. Um die Transpiration des Sprosstückes herabzusetzen, wird der ganze Apparat in einen Glaszylinder gesetzt. Der durch eine Quecksilbersäule von ca. 30 cm Höhe ausgeübte Druck genügt, um in kurzer Zeit an den Blattzähnen Wassertropfen hervortreten zu lassen.

Die Kraft, durch welche das von der Wurzel aufgenommene Wasser in den Spross hineingepresst wird, heisst Wurzelndruck. Um von der Grösse dieser Kraft eine Vorstellung zu gewinnen, schneiden wir von einer gutbewurzelten Topfpflanze den Spross ab und fügen an den Stumpf wasserdicht ein weites Glasrohr an, welches an der Seite ein Ansatzrohr besitzt (Fig. 151 B). An das Ansatzrohr wird eine ungleichschenklige U-Röhre, deren kurzer Schenkel nochmals rechtwinklig gebogen und zwischen den Biegungsstellen kugelig aufgeblasen ist, wasserdicht befestigt. Das obere Ende der weiten Glasröhre wird mit einem gutschliessenden Gummistopfen



Figur 151.

A Apparat zum Nachweis der Thatsache, dass durch Druckkräfte Wasser durch den Spross und in Tropfenform aus den Blättern hervorgepresst werden kann. Erklärung im Text auf Seite 155. **B** Apparat (nach Pfeffer) zur Bestimmung des Wurzelndruckes in einem abgeschnittenen Sprosse. Erklärung im Text auf Seite 156.

verschlossen, in welchem ein kurzes Glasrohr mit Zweiweghahn wasserdicht eingesetzt ist. Wir füllen sodann das weite Rohr mit Wasser und lassen den Apparat einige Stunden stehen, bis die im Innern des Pflanzenstumpfes vorhandenen Differenzen hydrostatischen Druckes ausgeglichen sind, welche durch den Unterschied zwischen Transpirationsstrom und Wurzelndruck veranlasst worden waren. In den langen Schenkel des U-Rohres füllen wir sodann Quecksilber ein und schliessen, sobald alle Luft aus dem weiten Rohr verdrängt, und die am U-Rohr vorhandene Kugel grösstentheils mit Quecksilber gefüllt ist, den Glashahn. Die fortgesetzte Wasseraufnahme durch

die Wurzel bewirkt nun, dass das Quecksilber in dem langen Schenkel der Röhre emporsteigt und die Länge der gehobenen Quecksilbersäule ermöglicht eine zahlenmässige Bestimmung der Druckhöhe. In einzelnen Fällen erreicht der Wurzeldruck eine Höhe von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Atmosphären, in andern ist er sehr viel geringer. In kräftig transpirirenden Pflanzen hat der Wurzeldruck für die Wasserbewegung keine Bedeutung, er wird durch den Transpirationsstrom aufgehoben oder gar negativ gemacht.

Den Weg, auf welchem das Wasser von der Wurzel zu den Blättern emporsteigt, bilden in krautigen Pflanzen die verholzten Zellen der Gefässbündel und in den Stämmen der Bäume, der Holzkörper. Man kann sich durch ein Experiment leicht davon überzeugen. Man macht an dem Stamm oder an einem Ast eines Baumes zwei Ringschnitte nahe übereinander, welche die ganze Rinde durchtrennen und löst den zwischen beiden



Figur 152.

Geringelter Zweig von *Sambucus* (nach Oels). Erklärung im Text auf Seite 157.

Ringschnitten gelegenen Rindenstreifen von dem Holzkörper ab (Fig. 152). Die blossgelegte Oberfläche des Holzes wird durch Ueberbinden mit Guttaperchapapier gegen Verdunstung geschützt. Falls nun nicht das Holz, sondern die Rinde den Weg für den aufsteigenden Wasserstrom bildete, müssten die über der Ringelungsstelle gelegenen Theile des Baumes in Folge der Transpiration schnell vertrocknen und zu Grunde gehen. Es zeigt

sich aber, dass diese Theile ebenso wie die unter dem Ringschnitt gelegenen frisch bleiben und weiterwachsen.

Die Frage, auf welche Weise das Wasser den Holzkörper durchströmt, ist von verschiedenen Forschern in der verschiedensten Weise beantwortet worden. Es darf als feststehend betrachtet werden, dass die Bewegung des Wassers der Hauptsache nach nicht im Hohlraum der Holzzellen oder der Gefässe vor sich geht, sondern dass die Wasserströmung direkt in den verholzten Wänden dieser Gewebeelemente erfolgt. Wir müssen uns den Vorgang so vorstellen, dass in den mit Wasser durchtränkten Holzwänden die Wassertheilchen ausserordentlich leicht verschiebbar sind. Das Wasser bildet in der durchtränkten Membran ein zusammenhängendes, im Gleichgewicht befindliches System. Sobald nun

an einer Stelle dem System ein Wassertheilchen entnommen wird, findet sofort durch Nachrücken der Wassertheilchen von unten her die Wiederherstellung des Gleichgewichtes statt. Indem dieser Process sich in der transpirirenden Pflanze ununterbrochen abspielt, kommt eine continuirliche Strömung des Wassers von der Wurzel im Holzkörper des Stammes aufwärts zu Stande. Mit dem Holzkörper des Stammes stehen die verholzten Zellwände der Gefässbündel in Zusammenhang, welche in die Blätter eintreten. In der Blattfläche vertheilen sich die Gefässbündel und leiten den Wasserstrom bis in die nächste Nähe des transpirirenden Gewebes. In dem letzteren findet die Bewegung des Wassers von Zelle zu Zelle auf osmotischem Wege statt. Die Fortleitung des Wassers in den gefässlosen Pflanzen wird gleichfalls durch Diosmose bewirkt. Es handelt sich dort immer nur um Beförderung des Wassers auf kurze Strecken, zu einer schnellen Bewegung des Wassers auf weitere Strecken reicht dieser Vorgang nicht aus.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der Wasserstrom in dem Holz der Gefässpflanzen vorrückt, hängt natürlich von der Intensität der Transpiration ab. An stark transpirirenden Pflanzen findet man, dass der Weg, den ein Wassertheilchen in einer Stunde zurücklegt bis zu 100 und mehr Centimeter betragen kann. Man benützt zum Nachweis dieser Thatsache eine 1 bis 2 procentige Lithiumlösung, mit welcher man die Versuchspflanze begiesst. Das Lithium steigt mit dem Lösungswasser in der Pflanze empor und kann mit Hülfe des Spektralapparates in den Pflanzentheilen auch in kleinsten Mengen leicht nachgewiesen werden.

Die Verarbeitung der aufgenommenen Nährstoffe. — Der wichtigste Schritt bei dem Aufbau der organischen Verbindungen des Pflanzenkörpers aus den aufgenommenen Substanzen ist die Assimilation, d. h. die Bildung der Kohlehydrate aus der Kohlensäure und dem Wasser. Die Organe, in denen dieser Vorgang unter der Einwirkung des Lichtes sich abspielt, sind die Chlorophyllkörper in den Zellen des Assimilationsgewebes. Das erste sichtbare Produkt der Assimilation ist bei den meisten Pflanzen die Stärke.

Von der Kohlensäure der Luft tritt nur der Kohlenstoff in die organische Verbindung ein, der Sauerstoff und Wasserstoff der letzteren stammt aus dem Wasser. Der Sauerstoff der Kohlensäure wird während des Assimilationsprocesses von der Pflanze nach aussen hin wieder abgegeben. Das Volumen der abgeschiedenen Sauerstoffmenge stimmt mit der Quantität der zersetzten Kohlensäure überein. Die Sauerstoffausscheidung der Pflanzen bei der Assimilation ist durch das Experiment nachweisbar.

Wir bringen in einen hohen Glaszylinder mit Wasser eine grössere Anzahl von Sprossstücken der Wasserpflanze *Elodea canadensis*. Oben in den Cylinder wird ein am Tubus mit Glashahn versehener Glasrichter mit der Trichteröffnung nach unten eingesetzt, und bei geöffnetem Hahn soweit in das Wasser versenkt, bis alle Luft bis zu dem Glashahn aus dem Trichter verdrängt ist. Darauf wird der Hahn geschlossen und der Trichter mittelst eines Blechstreifens an dem Rand des Cylinders in seiner Lage befestigt (Fig. 153). Im Lichte assimiliren nun die Pflanzen sehr lebhaft und man sieht aus den Schnittflächen der Sprosse Gasblasen hervortreten,

welche im Wasser aufwärts steigen und unter dem Trichter aufgefangen werden. Das angesammelte Gas ist Sauerstoff. Wenn wir einen glimmenden Spahn in den Gasstrom halten, welcher beim Oeffnen des Glashahnes aus der Spitze des Trichters hervortritt, so fängt derselbe augenblicklich Feuer. Auch an Landpflanzen kann man den Nachweis der Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation liefern. Setzt man unter eine luftdicht abschliessende Glasglocke eine grüne Pflanze und eine Maus, und bringt den Apparat ins Dunkle, so wird der in dem abgeschlossenen Luftquantum vorhandene Sauerstoff bald durch die Athmung aufgebraucht und das Thier verfällt in Folge dessen in einen als Asphyxie bezeichneten Starrezustand. Setzt man dann rechtzeitig die in der Glocke befindliche Pflanze dem Sonnenlichte aus, so beginnt eine lebhafte Assimilation in der Pflanze und die dadurch erzeugte Sauerstoffmenge genügt, um das asphyctische Thier aus dem Starrezustand wieder zu erwecken.

Der letzte Versuch lehrt zugleich, dass die Assimilation und die damit verbundene Sauerstoffausscheidung nur unter der Einwirkung des Lichtes erfolgt. Wir können diese Thatsache noch in anderer Weise zur Anschauung bringen. Auf ein abgeschnittenes Blatt einer Tabakspflanze, welche einige Tage vorher im Dunkeln gestanden hatte, legen wir eine Schablone von Staniol, in welcher ein Zeichen oder ein Wort, etwa das Wort »Stärke«, ausgeschnitten ist. Blatt und Schablone werden auf feuchtes Fliesspapier zwischen zwei Glasplatten gelegt und der Besonnung ausgesetzt. Am Abend legen wir das Blatt in kochendes Wasser und darauf in mehrmals zu erneuernden Alkohol wodurch nach einiger Zeit der Chlorophyllfarbstoff herausgezogen wird, so dass das Blatt bleichgelblich erscheint. Alsdann bringen wir



Figur 153.

Apparat (nach Pfeffer) zum Nachweis der Sauerstoffausscheidung bei der Assimilation. Erklärung im Text auf Seite 158.



Figur 154.

Stärkebildung in einem theilweise verdunkelten Tabakblatte. Es ist nur die eine Hälfte des Blattes gezeichnet. Erklärung im Text auf Seite 159.

dasselbe in eine flache Schale mit alkoholischer Jodlösung, und sehen nun nach kurzer Zeit das Wort »Stärke« in dunkelbrauner Farbe auf der bleichen Blattfläche deutlich und scharf hervortreten (Fig. 154). In den von der Schablone bedeckten Theilen des Blattes hat keine Assimilation

stattgefunden. Die ausgeschnittenen Stellen der Schablone dagegen gestatteten dem Sonnenlicht freien Durchgang, in Folge dessen ist dort Stärke gebildet worden, welche durch die Jodlösung tief dunkel gefärbt wurde und so die Buchstaben hervortreten lässt.

Die Lichtstrahlen des Spektrums wirken nicht alle gleichmässig bei der Assimilation der Pflanze, vielmehr wird die Assimilation durch diejenigen Strahlen des Spektrums am intensivsten bewirkt, welche unserm Auge als die hellsten erscheinen, d. h. durch die gelben Strahlen und durch die nächstbenachbarten Theile des Spektrums.

Um diese Thatsache festzustellen, befestigen wir mit Hülfe eines Glasstabes einen abgeschnittenen Spross von *Elodea* umgekehrt in einem mit frischem Wasser gefüllten Glaszylinder (Fig. 155). Im Sonnenlicht tritt in Folge der Assimilation ein continuirlicher Strom von Sauerstoffblasen aus der Schnittfläche des Stengels hervor. Wir leiten mittels eines Spiegelapparates die Sonne in ein verdunkeltes Zimmer und entwerfen mit einem Schwefelkohlenstoffprisma ein Spektrum. Wenn wir nun den *Elodea*spross nacheinander in die verschiedenen Theile des Spektrums bringen, so ergibt sich, dass der Blasenstrom, welcher aus dem Stengel austritt, im Gelb des Spektrums am kräftigsten ist. Durch Zählung der Sauerstoffblasen, welche in einem bestimmten Zeitabschnitt hervortreten, kann man die Intensität der Assimilation in den einzelnen Abschnitten des Spektrums zahlenmässig vergleichen und das Resultat wie es in der Figur 156 geschehen ist, durch eine auf rechtwinkliche Coordinaten bezogene Curve ausdrücken.



Figur 155.

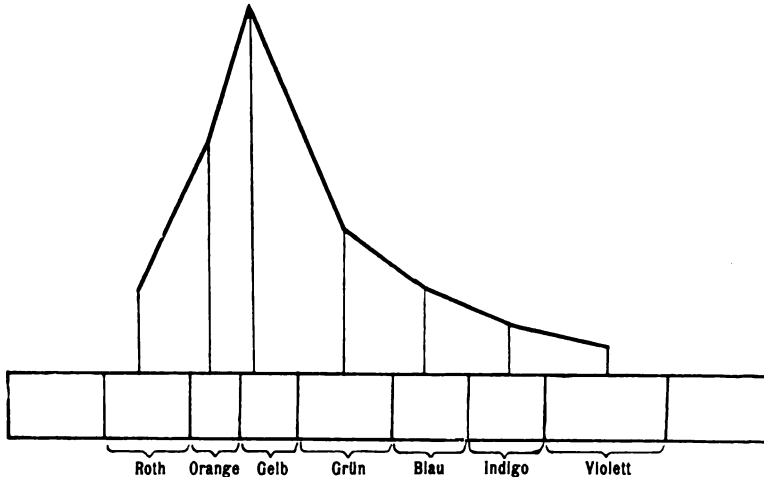
Apparat (nach Pfeffer) zur Messung der relativen Assimilationsintensität durch Zählung der Sauerstoffblasen. Erklärung im Text auf Seite 160.

als etwa synthetische Weizenkörner.

Die Stärkekörner als erstes sichtbares Produkt der Assimilation treten im Innern der Chlorophyllkörper auf. Wenn wir die Blätter eines Mooses oder ein Farnprothallium, welches längere Zeit belichtet wurde, mit heissem Alkohol behandeln, so wird der Chlorophyllfarbstoff aus den Chlorophyllkörpern entfernt. Um die in jeden Chlorophyllkörper einge-

Die Vorgänge, welche in den Pflanzen die Synthese der Kohlehydrate bewirken, kennen wir nicht, sie dürften erheblich complicirter sein, als die Prozesse, die wir beim Arbeiten im chemischen Laboratorium verwenden. Das erhellt schon daraus, dass die entstehende Stärke eine bestimmte körperliche Organisation besitzt, welche derselben als rein chemischer Substanz nicht zukommt. Es wird vielleicht der Chemie einst gelingen synthetische Stärkesubstanz darzustellen, synthetische Stärkekörner wird es aber ebensowenig jemals geben,

schlossenen meist sehr kleinen Stärkekörner sichtbar zu machen, lassen wir dieselbe durch sehr verdünnte Kalilauge etwas aufquellen und legen

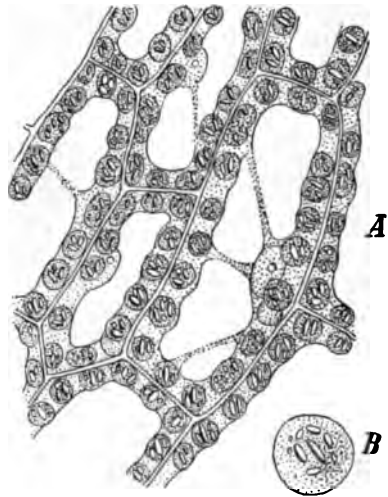


Figur 156.

Curve der Assimilationsintensität in den verschiedenen Theilen des Spektrums (nach Pfeffer).
Im gelben Licht erreicht die Assimilation die grösste Intensität.

die Blätter darauf in Jodlösung. Als bald sehen wir unter dem Mikroskop in jedem der gebleichten Chlorophyllkörper die Stärke als tiefblaue Körnchen hervortreten.

Die in den Chlorophyllkörpern vorhandenen Stärkekörnchen verschwinden allmählig, wenn die Assimilation unterbrochen wird, die Stärke wird zu den Stätten des Verbrauches oder in die Reservestoffbehälter fortgeführt. Wir können uns davon leicht überzeugen, wenn wir eine grüne Pflanze in kohlen-säurefreie Luft bringen und dadurch die Assimilation unterdrücken. Diesem Zwecke dient der in Figur 158 abgebildete von Pfeffer angegebene Apparat. Auf einer geschliffenen Glasplatte steht eine luftdichtschiessende tubulirte Glocke, über deren Tubulus ein beiderseits offener Glascylinder geschoben ist, welcher mit Kalilauge getränkte Bimsteinstücke enthält. Um zu verhindern, dass Kalilauge von dem Bimstein nach unten tropft, ist unter dem Tubulus die kleine Schale *i*



Figur 157.

Entstehung der Stärke in den Chlorophyllkörpern eines Moosblattes. **A** Einige Zellen des Blattes von *Mnium* mit zahlreichen Chlorophyllkörpern, welche Stärkeeinschlüsse enthalten. **B** Ein einzelnes Chlorophyllkorn stärker vergrössert (nach Sachs).

angebracht. Unter der Glocke steht eine Schale mit Kalilauge. Wir bringen in diesen Apparat eine grüne Pflanze, in deren Blättern wir vorher durch die mikroskopische Untersuchung einen reichlichen Stärkevorrath in den Chlorophyllkörpern nachgewiesen haben. Durch die Kalilauge unter der Glocke wird die Kohlensäure des abgeschlossenen Luftquantums absorbiert, die von aussen zuströmende Luft wird bei dem Passiren des mit Bimstein gefüllten Cylinders gleichfalls ihrer Kohlensäure beraubt. Die Pflanze kann in Folge dessen selbst im Licht keine neue Stärke bilden, und wenn wir nach einiger Zeit die Blätter mikroskopisch unter-

suchen, so zeigt sich, dass die Stärke aus den Chlorophyllkörpern gänzlich verschwunden ist.

Da neben dem Vorhandensein der Kohlensäure auch das Licht eine unerlässliche Bedingung für das Zustandekommen der Assimilation ist, so muss auch in der Dunkelheit die Stärke aus den Chlorophyllkörpern allmählich verschwinden. Im natürlichen Verlauf der Dinge sehen wir daher im Laufe des Tages bis zum Abend hin die Menge der Stärke in den Blättern der Pflanzen sich steigern. Während der Nacht nimmt dieselbe dagegen ab und erreicht gegen Morgen ihr Minimum, bis mit beginnender Tageshelle durch Assimilation wieder neue Stärke erzeugt wird.

Ausser den Kohlehydraten sind als wichtige Baustoffe des Pflanzenkörpers Fette und Eiweissstoffe anzusehen. Die Bildung dieser Substanzen geht von den durch die Assimilation erzeugten Kohlehydraten aus. Fette können direkt durch Umwandlung der Assimilationsprodukte erzeugt werden. Sie treten häufig in reifenden Samen auf und entstehen auch dann, wenn die mit Stärke erfüllten Samen vor der Reife von der Pflanze



Figur 158

Apparat (nach Pfeffer) zur Kultur einer Pflanze in kohlendioxidfreier Luft. Erklärung im Text auf Seite 161 162.

genommen werden, so dass eine Einwanderung von Fett ausgeschlossen ist. Für die Bildung der Eiweissstoffe sind Stickstoff und Schwefelverbindungen nöthig, welche in den durch die Wurzel aufgenommenen salpetersauren und schwefelsauren Salzen der Pflanze zur Verfügung stehen. In welcher Weise Stickstoff und Schwefel im Pflanzenkörper aus den Salzen befreit werden und wie sich die Synthese der complicirten Eiweisskörper vollzieht, ist völlig unbekannt. Nur schliesst man aus der Art und Menge des Auftretens gewisser Amide, besonders des Asparagins, dass diese Körper eine Zwischenstufe in dem Aufbau der Eiweisssubstanzen darstellen.

Da die Eiweisssubstanzen bei ihrer Entstehung im Pflanzenkörper nicht wie die Stärke in geformten Massen innerhalb besonderer Organe auftreten, so ist es nicht leicht den Ort der Eiweissbildung bestimmt zu bezeichnen. Es ist sicher, dass der Process der Eiweissbildung von dem Vorhandensein des Chlorophylls unabhängig ist, die Pilze, denen das Chlorophyll vollständig fehlt, bilden in ihren Zellen Eiweissstoffe, wenn sie zur Aufnahme von Kohlehydraten, von salpetersauren und schwefelsauren Salzen Gelegenheit haben. Andererseits kann die Eiweissbildung auch in chlorophyllführenden Zellen vor sich gehen; das beweisen manche Algen, deren Vegetationskörper nur aus chlorophyllführenden Zellen zusammengesetzt ist. In den Geweben der höheren Pflanzen, welche bei allen physiologischen Funktionen eine weitgehende Arbeittheilung aufweisen, dürfte auch die Eiweissbildung lokalisiert sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei ihnen der Siebröhrenapparat der Leitbündel der Ort der Eiweissbildung ist.

Aus dem Vorstehenden ist ersichtlich, welche Verwendung der Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel bei der Bildung der organischen Substanz im Pflanzenkörper finden. Ausser diesen fünf Elementarstoffen sind, wie wir gesehen haben, noch Phosphor, Eisen, Kalium, Calcium und Magnesium bei der Ernährung unerlässlich. Der Phosphor spielt bei der Bildung der in den Zellkernen vorhandenen Nukleinkörper eine Rolle, welche aus einer Verbindung eines eiweissartigen Körpers mit einem organischen, Phosphorsäure enthaltenden Atomcomplex bestehen. Ausserdem finden wir Phosphor in der Constitution der Globoide, welche in den Aleuronkörnern mancher Samen vorkommen.

Das Eisen ist für die Bildung des Chlorophyllfarbstoffes nöthig. Eine in eisenfreier Nährlösung gezogene Pflanze bildet nur so lange grünen Farbstoff in ihren Blättern aus, als der geringe Eisenvorrath im Samen ausreicht, die später gebildeten Blätter sind bleichgelblich gefärbt. Man bezeichnet die durch den Eisenmangel veranlasste Erkrankung der Pflanze als Chlorose. Sobald einer chlorotischen Pflanze Eisen zugeführt wird, ergrünen die bleichgebliebenen Blätter nachträglich.

Kalium, Calcium und Magnesium treten bei der Zusammensetzung der organischen Substanzen nicht als Componenten auf. Da indes das Experiment der Pflanzenkultur in Nährlösungen, denen einer dieser Stoffe fehlt, die unbedingte Nothwendigkeit dieser Stoffe zur Ernährung der Pflanzen ergibt, so ist wohl anzunehmen, dass dieselben bei gewissen fundamentalen Vorgängen des Stoffwechsels betheiligt sind, ohne freilich in das Endprodukt des Processes einzutreten.

Wanderung der organischen Stoffe. — Die in der Pflanze erzeugten organischen Stoffe treten, soweit sie nicht wieder im Verlaufe des Stoffwechsels in ihre elementaren Bestandtheile zerlegt werden, zum Theil in die Körpersubstanz der Pflanze ein, d. h. sie werden zum Wachstum und zur Ausbildung der Zellwände, des Protoplasmas und seiner Inhaltsbestandtheile verwendet. Zum Theil werden dieselben zeitweilig als Reservestoffe in bestimmten Theilen des Pflanzenkörpers abgelagert und für den späteren Verbrauch reservirt. Endlich kann auch ein Theil der Stoffe durch Sekretion aus dem Pflanzenkörper wieder ausgeschieden

werden. Als die Orte des Verbrauches sind die wachsenden Vegetationspitzen der Sprosse und Wurzeln und ihrer Seitenachsen, das Cambiumgewebe der älteren Sprosstheile, die jungen, noch in Wachsthum begriffenen Blätter, überhaupt alle Theile des Pflanzenkörpers anzusehen, in denen Neubildung und Ausgestaltung von Zellen und Zellgeweben vor sich geht. Ablagerung von organischen Stoffen findet vorzugsweise in dem Speichergewebe der Sprosse und Wurzeln oder in den reifenden Früchten oder Samen statt. Die Reservestoffe führenden Theile der Sprosse und Wurzeln sind oft durch morphologische Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet, wofür die früher besprochenen Wurzel- und Sprossknollen, die Zwiebeln und anderes mehr als Beispiel dienen können.

Die Sekretion organischer Substanzen endlich findet entweder an der Oberfläche des Pflanzenkörpers in Honigdrüsen, an Drüsenhaaren oder Leimzotten statt, oder sie vollzieht sich im Innern der Gewebe, indem einzelne Zellen, Zellverbände oder Interzellularräume zu Sekretbehältern werden. Die Sekretzellen, die Milchsafschläuche und die Harzgänge sind bekannte Beispiele dafür.

Da nun die Stellen des Verbrauches, der Lagerung und der Sekretion entfernt von den Entstehungsorten der organischen Substanzen im Pflanzenkörper gelegen sind, so muss nothwendig eine Wanderung der organischen Stoffe stattfinden, deren Mittel und Wege im Folgenden kurz zu besprechen sind.

Es ist leicht verständlich, dass die durch die Assimilation in den Chlorophyllkörpern erzeugten Stärkekörner nicht direkt im festen Zustande durch die Wände der assimilirenden Zelle hindurch fortgeführt werden können, es findet vielmehr vor der Wanderung eine Lösung der Stärke statt. Durch Einwirkung eines Fermentes, welches man als Diastase bezeichnet, wird die Stärke in eine in Wasser lösliche Zuckerart übergeführt, welche die Zellmembranen und das Protoplasma zu durchwandern vermag.

Der Weg, welchen die Stärke bei ihrer Wanderung von dem Entstehungsort zu den Orten des Verbrauches oder der Lagerung einschlägt, lässt sich leicht verfolgen. Da nämlich die Stärke in jeder der durchwanderten Zellen zunächst wieder in Form von Körnern abgeschieden wird, um erst nach erneuter Lösung weiter fortzurücken, so finden wir zu Zeiten auf dem ganzen Wege der Stärkewanderung Stärkekörner in den Zellen vor. Von den assimilirenden Zellen der Blätter aus gelangt die Stärke in die Stärkescheiden, welche die Gefässbündel der Blätter umhüllen und von dort in die den Gefässbündelcylinder begrenzenden Parenchymzellen des Grundgewebes, durch welche sie bis zu den Stellen des Verbrauches oder der Lagerung vordringt. In den Stämmen mit sekundärer Holzbildung wandert die Stärke auch innerhalb des Holzkörpers durch die Markstrahlen und das Holzparenchym, um in den Zellen dieser Gewebe als Reservestoff abgelagert zu werden.

Die übrigen als Baustoffe im Pflanzenkörper auftretenden Kohlehydrate, wie z. B. das Inulin, werden gleichfalls vor der Wanderung durch das Ferment in Zucker umgewandelt. Die Fette werden in der Regel zum Zweck der Wanderung in Kohlehydrate umgesetzt und wandern wie diese nach der Einwirkung des Fermentes.

Ueber die Weise, in welcher die eiweissartigen Baustoffe im Pflanzenkörper wandern, ist wenig sicheres bekannt. Die Eiweisssubstanzen sind meistens nicht für die Durchwanderung fester Zellwände geeignet. Zum Theil erfolgt ihre Fortleitung durch die Siebröhren der Gefässbündel, deren siebartig durchbrochene Querwände ihrem Vordringen kein Hinderniss entgegenstellen. Um aber direkt zu den Stellen des Verbrauchs zu gelangen, müssen die Eiweisskörper auch durch geschlossene Zellwände wandern. Der Durchtritt durch die Membran wird dann durch eine vorübergehende Zerspaltung der Eiweisssubstanzen ermöglicht, bei welcher als Spaltungsprodukt das Asparagin auftritt.

Die Richtung, in welcher die Baustoffe in den von ihnen enthaltenen Bahnen im Pflanzenkörper wandern, ist nicht immer die gleiche. Während z. B. bei den meisten Stauden im Sommer die Assimilationsprodukte aus den Blättern zu den unterirdischen Sprosstheilen abwärts wandern, um dort als Reservestoffe abgelagert zu werden, findet im Beginn der neuen Vegetationsperiode die Wanderung in umgekehrter Richtung zu den sich entwickelnden oberirdischen Sprossen statt. Ebenso müssen die im Sommer von den Blättern an den Stamm der Bäume abgegebenen Baustoffe im nächsten Frühjahr aus dem Stamm in die Achselknospen wandern, um ihnen das zur Entfaltung nöthige Material zu liefern.

Die Aufnahme organischer Nährstoffe. — Im ersten Jugendstadium, bevor eine Ausbildung assimilirenden Gewebes stattgefunden hat, sind alle Pflanzen auf die Ernährung durch organische Stoffe angewiesen. Wenn nicht das organische Nährmaterial schon während der ersten Entwicklung des Embryos direkt aus der Mutterpflanze in die Kotyledonen desselben eingewandert ist, so findet die junge Pflanze die Nahrungsstoffe in dem Endosperm oder Perisperm des Samens vor. Gewöhnlich dienen dann die Cotyledonen als Saugorgane, welche die organischen Nährstoffe in den Organismus einführen. Eine ganze Reihe von Gewächsen behält aber normaler Weise auch nach der Keimung, während der ganzen Lebenszeit, die Fähigkeit organische Stoffe aufzunehmen und als Nahrung zu verwerthen. Dahin gehören vor allen Dingen die Bakterien und die Pilze, welche kein Chlorophyll besitzen und deshalb nicht im Stande sind, aus Kohlensäure und Wasser selbstständig die Kohlehydrate aufzubauen, welche bei den grünen Pflanzen das Ausgangsmaterial für alle übrigen organischen Substanzen bilden. Aber auch unter den Blütenpflanzen gibt es chlorophyllfreie Arten und andere, deren mangelhaft entwickelter Assimilationsapparat allein zur Ernährung der Pflanze nicht hinreicht. Als Beispiele können unter den einheimischen Gewächsen die Orobanchen und die Cuscutaarten genannt werden, ferner die Gattungen *Monotropa* und *Lathraea* und die durch ihre wachsbleiche Färbung ausgezeichneten Orchideen *Neottia*, *Coralliorrhiza* und *Epipogon*. Auch die grüngefärbten *Rhinantheen*, *Euphrasia*, *Melampyrum*, *Rhinanthus*, die ebenfalls chlorophyllhaltigen *Thesiumarten* und *Viscum* gehören hierher.

Man kann unter den auf die Aufnahme organischen Materials angewiesenen Pflanzen zwei Gruppen unterscheiden, die allerdings durch Uebergänge mit einander in Verbindung stehen. Als **Saprophyten** bezeichnet man Pflanzen, welche ihre organische Nahrung aus den Zerfallprodukten

von Thier- und Pflanzenleichen gewinnen. **Parasiten** werden diejenigen Pflanzen genannt, welche lebenden Organismen anderer Art die organischen Nährstoffe zum eigenen Verbrauch entreissen.

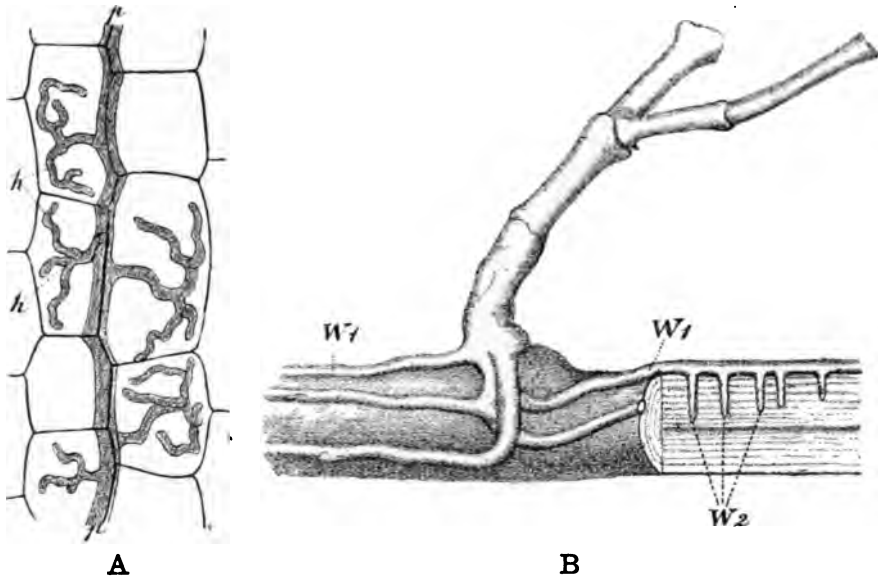
Endlich gibt es eine Reihe von grünen Pflanzen, welche auch ohne organische Nahrung zu leben vermögen, welche aber zu besserem Gedeihen mittelst besonderer Baueinrichtungen lebende Thiere fangen und töten und aus der Körpersubstanz derselben organische Substanzen aufnehmen können. Man bezeichnet derartige Pflanzen als Insektivoren. Unter ihnen gehören Arten von *Drosera*, *Pinguicula* und *Utricularia* und ferner die seltene *Aldrovandia* der einheimischen Flora an.

Die Zusammensetzung der von den Saprophyten, Parasiten und Insektivoren aufgenommenen organischen Substanzen ist wenig erforscht. Nur von den Bakterien und gewissen niedern Pilzen wissen wir, dass sie in der Auswahl ihrer Nährstoffe wenig wählerisch sind; sämtliche Kohlehydrate, verschiedene organische Säuren, Eiweissstoffe, Asparagin, selbst hinreichend verdünnter Alkohol und anderes mehr können jedes für sich ihnen als organische Nahrung dienen. Die parasitischen Pflanzen scheinen meistens weniger anspruchslos zu sein. Manche von ihnen können nur auf einer einzigen oder auf wenigen Pflanzenarten als Schmarotzer gedeihen und wenn dabei häufig wohl auch die anatomische Beschaffenheit der Wirthspflanze eine Rolle spielt, so ist doch die stoffliche Zusammensetzung des Pflanzenkörpers für diesen Umstand gleichfalls von Bedeutung. Die Kultur der parasitischen Pilze mit künstlichen Nährlösungen gelingt nur unter ganz besonderen Umständen.

Die organischen Stoffe müssen, wenn sie als Nährmaterial in die Zellen der Pflanzen hinein gelangen sollen, sich in einem löslichen Zustande befinden. In vielen Fällen werden sie den Saprophyten und Parasiten in der von ihnen bewohnten Unterlage direkt in löslichem Zustande dargeboten. In andern Fällen sind die Pflanzen im Stande, durch Ausscheidung von Fermenten die organischen Nährmittel in lösliche Form überzuführen und zur Aufnahme vorzubereiten. Die Ausscheidung lösender Fermente ermöglicht den parasitischen Pilzen und phanerogamen Parasiten zugleich die Durchbohrung der Zellwände der Wirthspflanze und das Eindringen in das Innere der Zellen. Die Vegetation einiger saprophytischer Pilze und der Bakterien ruft in den Nährsubstraten in Folge der Fermentausscheidung weitgehende Zerspaltungen und Zersetzungen hervor, welche als Gährung und als Fäulniss bezeichnet werden, und die gleichen Erscheinungen sind es, durch welche viele parasitische Bakterien in dem Körper der von ihnen befallenen Thiere und Menschen verheerende Krankheiten wie Milzbrand, Typhus, Cholera erregen. Die meisten Insektivoren scheiden ein peptonisirendes Ferment aus, durch welches die Eiweisssubstanzen des Körpers der gefangenen Thiere in lösliche Form gebracht werden.

Die chlorophyllführenden Saprophyten und Parasiten und die Insektivoren bedürfen selbstverständlich neben der Eiweissnahrung noch einer Aufnahme von Mineralstoffen zu ihrem Gedeihen. Aber auch die gänzlich chlorophylllosen Pflanzen können diese Stoffe nicht entbehren mit Ausnahme des Eisens, welches ja nur bei der Chlorophyllbildung eine wesentliche Rolle im Pflanzenkörper spielt.

Die niederen Saprophyten und Parasiten, die Bakterien und manche Pilze nehmen die Nährstoffe mit ihrer gesamten Körperoberfläche aus der Umgebung auf, bei andern sind besondere Organe zur Nahrungsaufnahme vorhanden. Eine spezielle Ausbildung besitzen diese Organe bei manchen pilzlichen und phanerogamen Parasiten. Wir finden dort Saugorgane, Haustorien, vor, welche in das Gewebe und in die Zellen der Wirthspflanze hineinwachsen und so mit den aufzunehmenden Substanzen in unmittelbare Berührung treten. In Figur 159 **A** ist ein Stück von dem Vegetationskörper eines parasitischen Pilzes gezeichnet, welches Haustorien in die Zellen der Wirthspflanze hineinsendet und Figur 159 **B**



Figur 159.

A Einige Zellen aus dem Spross von *Asperula odorata*. In dem Interellularraum zwischen denselben verläuft ein Pilzfaden $p-p$ eines parasitischen Pilzes, *Peronospora calotheca*, welcher verzweigte Haustorien h in die Zellen der Wirthspflanze hineinsendet (nach Zopf). **B** Wurzelsystem der Mistel auf einem Kiefernast. Die parallel zur Oberfläche hinziehenden Wurzeln W_1 sind durch Entfernung der Rinde des Astes frei präparirt. Am rechten Ende ist der Ast halbt. W_2 Haustorien.

zeigt ein Stück von dem Wurzelsystem des phanerogamen Parasiten *Viscum*, welches an den horizontal im Zweig des bewohnten Baumes hinziehenden Wurzeln gleichfalls Haustorien trägt. Bei den *Cuscuta*-arten bilden sich an dem windenden Stamme, wo er mit dem Wirth in direkte Berührung tritt, napfförmige Saugorgane aus, von denen aus zarte Zellfäden tief in den Spross der Wirthspflanze hineindringen. Ebenso bilden sich an den Wurzeln der *Rhinanthen* und der *Thesium*-arten, sobald sie mit einer Wurzel der Wirthspflanze in Berührung kommen, ähnliche Haustorien aus.

Die Organe der Insektivoren, welche zum Fangen der Thiere und

zur Aufnahme der organischen Nahrung dienen, sind eigenartig umgebildete Blätter oder Blatttheile. Bei einigen Pflanzen stellen diese Organe Fallgruben dar, aus denen die gefangenen Thiere nicht wieder enttrinnen können, in anderen Fällen dient ein an den Organen ausgeschiedener Klebstoff zum Festhalten der Thiere und endlich kommen Fälle in Betracht, bei denen die Fangorgane in Folge des durch ein Thier ausgeübten Reizes energische Bewegungen machen, welche zur Ergreifung des Thieres führen. Einfache Fallgruben finden wir unter den einheimischen Insektivoren, bei den im Wasser lebenden Utricularien. Die an den Blättern stehenden Blasen, welche auf Seite 55 erwähnt und in Figur 67 und 160 abgebildet sind, besitzen eine enge Eingangsöffnung, welche durch eine nach innen verschiebbare zungenartige Gewebeplatte verschlossen ist. Die Letztere wirkt ähnlich wie der Tuchstreifen an dem Spalt einer Kindersparbüchse, sie gestattet den kleinen Wasserthieren den Eintritt sehr leicht, verwehrt ihnen aber den Austritt. Zum Eindringen in die Blase werden die Thiere, besonders kleine Krustaceen veranlasst durch das Vorhandensein von Schleimhaaren an der Mündung der Blase, welche ihnen schmackhafte Nährstoffe zu liefern scheinen. Auch die ebenfalls in Figur 67 abgebildeten Kannen der Nepenthes und der Sarracenien sind Fallgruben. Die Aussen-seite derselben ist mit zahlreichen honigabsondernden Drüsenhaaren besetzt, welche die Thiere zum Emporklimmen veranlassen. Der obere äusserst glatte Rand der Kannen bietet den Thieren keinen Halt, sie stürzen hinab und werden durch die nach unten gerichteten Haare im Innern der Kanne am Emporklettern verhindert. Im Grunde der Kanne findet sich eine von der Kannenwandung ausgeschiedene Flüssigkeit, in welcher die Thiere ersaufen und verdaut werden. Aehnlich sind die Verhältnisse bei *Darlingtonia*, *Cephalothus* und andern mehr.

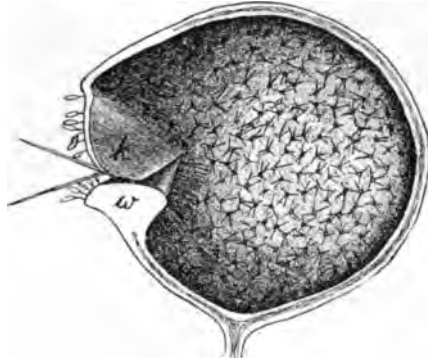
Durch ausgeschiedene Klebstoffe fangen von den einheimischen Insektivoren die Droseraarten Thiere ein. Die Blätter von *Drosera* sind sowohl am Rande als auch auf der oberen Fläche mit starken gestielten Drüsen besetzt, welche an ihrem kopfförmigen oberen Ende einen klaren Tropfen einer zähen klebrigen Flüssigkeit ausscheiden. Insekten, welche sich auf ein solches Blatt setzen, bleiben kleben; sie gerathen bei ihren Befreiungsversuchen mit immer mehr Drüsenköpfen in Berührung und sind endlich nicht mehr im Stande sich zu bewegen. In Folge des von dem Insekt ausgeübten Reizes tritt in dem Blatt allmählich eine Krümmungsbewegung ein, welche bewirkt, dass endlich alle Drüsen, in deren Bereich das Insekt liegt, über den Körper desselben hergekrümmt sind (Fig. 161 A). Der letztere wird dadurch gänzlich von dem Sekret der Drüsen eingehüllt und von dem darin enthaltenen peptonisirenden Ferment soweit als möglich gelöst. Nach Beendigung der Verdauung kehren die Blattfläche und die Drüsen in ihre ursprüngliche Lage zurück.

Auch bei *Drosophyllum* ist ein von gestielten Drüsen abgeschiedener Klebstoff das Fangmittel der Insekten, bei dieser Pflanze führen indes die Blätter keine Reizkrümmungen aus. Die Peptonisirung und Aussaugung der organischen Nahrung erfolgt einfach durch die Drüsen, mit welchen das Insekt durch seine eigenen Bewegungen in Berührung gekommen ist. Die Fangvorrichtung ist trotzdem sehr leistungsfähig, man findet oft an

einer einzigen kräftig vegetirenden Drosophyllumpflanze, Hunderte von Insektenleichen festgeklebt.

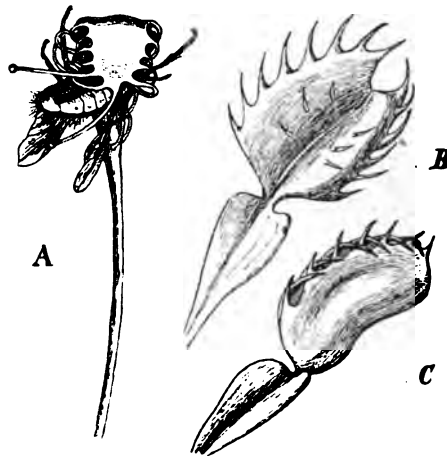
Insektenfangende Pflanzen, welche ihre Beute durch plötzliche Bewegungen erhaschen, sind wenig zahlreich. Die Bekannteste unter ihnen ist die Venus-Fliegenfalle *Dionaea muscipula*. Die beiden Hälften der Blattfläche sind gegen Berührung reizbar, sie klappen momentan zusammen wenn ein Insekt eines der auf der Blattfläche stehenden Haare berührt. Die langen eingekrümmten Borsten, welche den Blattrand einnehmen, verhindern ein Entrinnen des Insektes auch schon bevor die Reizkrümmung der Blattflächen bis zur gänzlichen Berührung fortgeschritten ist (Fig. 161 Bu. C). Aehnliche Einrichtungen bewirken bei *Aldrovandia vesiculosa*, einer in einheimischen Gewässern sehr selten vorkommenden Wasserpflanze, den Fang kleiner Wasserthiere.

Es ist oben kurz erwähnt worden, dass gewisse niedere Parasiten in den Körpern der Thiere und des Menschen todbringende Erkrankungen hervorrufen können; entsprechende Fälle können auch dort vorkommen, wo ein Parasit auf einer andern Pflanze schmarotzt. So werden z. B. oft grosse Waldbäume durch einen bei uns nicht seltenen Hutpilz, den Hallimasch, *Agaricus melleus* zum Absterben gebracht, dessen Mycel vom Boden aus durch die Wurzeln in die Wirthspflanze eindringt und die oberirdischen Gewebe durchwuchert. Im übrigen kann das Verhältniss zwischen Wirth und Parasit in den einzelnen Fällen ein sehr verschiedenes sein. Vielfach werden besonders durch parasitische Pilze lokale Erkrankungen des Wirthes erzeugt. Die zahlreichen Blattfleckenkrankheiten der Gewächse sind zum grössten Theil hierher gehörige Erscheinungen, ebenso die Bildung von Hexenbesen, welche meist darin besteht, dass in einem vom Pilz befallenen Sprosse eine überaus reichliche Ausbildung von



Figur 160.

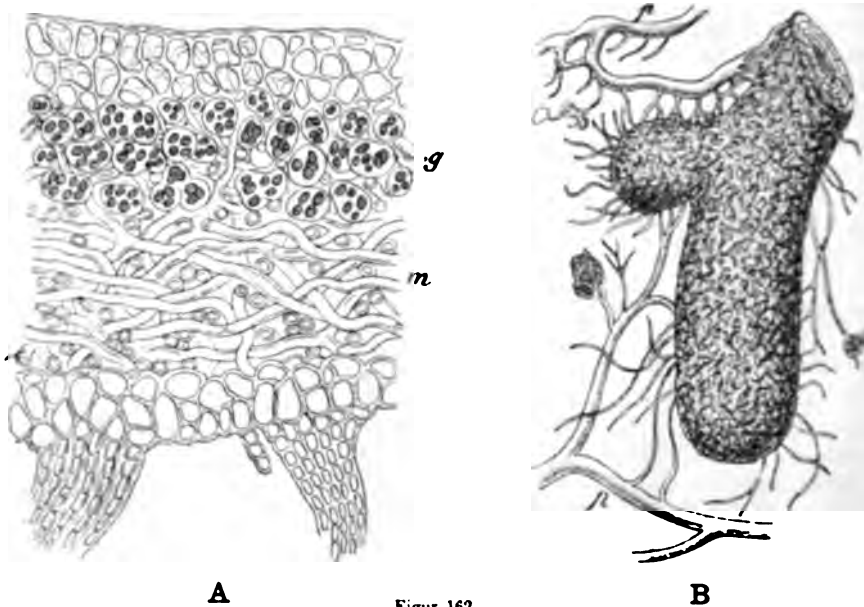
Halbirte Blase von einer Utricularia (nach Goebel), *k* die Klappe der Blasenmündung, *w* das Widerlager derselben (vergrössert).



Figur 161.

A Blatt von *Drosera longifolia*, welches eine grosse Fliege gefangen hat (nach Goebel). **B** Blatt von *Dionaea muscipula* im ungereizten Zustande. **C** Blatt von *Dionaea*, welches ein Thier gefangen hat.

Seitensprossen veranlasst wird. Während in solchen Fällen immer noch von einer erheblichen Schädigung des Wirthes durch den Pilz gesprochen werden muss, gibt es andere Beispiele, in denen die Ernährung des Parasiten ohne ersichtlichen Nachtheil für den Wirth erfolgt, und endlich Fälle, in denen beide zusammenlebende Gewächse einen Vortheil aus dem gegenseitigen Verhältnisse ziehen. Im letzteren Falle kann man nicht mehr zwischen Wirth und Parasit unterscheiden, man bezeichnet die beiden Gewächse als Symbionten und ihr Verhältniss zu einander als Symbiose. Einige auffällige Beispiele von Symbiose mögen hier kurze Erwähnung finden. Der Vegetationskörper der Flechten besteht aus zwei leicht von einander unterscheidbaren Elementen, aus einem Geflecht von



Figur 162.

- A** Querschnitt durch einen Flechtenthallus (nach Sachs), *g* die Algenzellen, *m* die Pilzfäden.
B Die Spitze einer von Pilzfäden umspinnenen Buchenwurzel, *p* die im Erdboden verlaufenden Mycelstränge des Pilzes (nach Frank).

Pilzfäden, in welches Gruppen von grünen oder blaugrünen Algen eingebettet sind, welche als Gonidien bezeichnet werden (Fig. 162 **A**). Das ernährungsphysiologische Verhältniss der beiden Symbionten ist hier leicht zu übersehen. Die Algen bedürfen im Allgemeinen eine grössere Feuchtheitsmenge zu ihrem Gedeihen. Indem nun die Pilzhülle den Algen Wasser in ausreichender Menge zuführt und dieselben bei zeitweiligem äusseren Wassermangel vor dem Absterben bewahrt, ermöglicht die Symbiose den Algen als Flechtengonidien an Orten zu leben, wo freilebende Algen nicht mehr gedeihen können. Andererseits sind die Pilze auf eine Ernährung mit organischen Substanzen angewiesen. Sie finden dieselben in den Stoffwechselprodukten der in Folge ihres Chlorophyllgehaltes assimilirenden

Algen dargeboten, und werden dadurch in Stand gesetzt, selbst auf Sandboden oder an Felsen und Mauern zu wachsen, wo anderweitige organische Nährstoffe nicht vorhanden sind.

Eine andere Form der Symbiose existirt zwischen Pilzen und gewissen Waldbäumen. Die äussersten Spitzen der Wurzeln mancher Bäume sind immer mit einer dichten Hülle von Pilzfäden umschlossen, welche das Wachsthum der Wurzel eigenthümlich beeinflusst und die Ausbildung von Wurzelhaaren verhindert. Man bezeichnet eine solche mit Pilzfäden umspinnene Wurzel als Mykorrhiza (Fig. 162B). Wenn alle jungen Wurzeln dieselbe Erscheinung zeigen, so ist klar, dass dem Baume das Wasser und die aus dem Boden aufzunehmenden Stoffe nur durch die Vermittelung der Pilzhülle zugehen. Vergleichende Kulturversuche von Mykorrhiza bildenden Bäumen in pilzfreiem und pilzhaltigem Boden, zeigen, dass die Symbiose für das Gedeihen der Bäume von Vorthail, vielleicht sogar eine wesentliche Bedingung ist. Inwiefern aber die Symbiose den Pilzen Vorthteile gewährt, ist bis jetzt noch nicht bekannt.

Es kommt auch Symbiose zwischen Pflanzen und niederen Thieren vor. In dem Körper des grünen Armpolypen *Hydra viridis*, der überall bei uns in Wassertümpeln sich findet, leben grüne Algen, welche in der schützenden durchsichtigen Zelle des Thierkörpers lebhaft assimiliren und deren Stoffwechselprodukte dem Thier als Nährstoffe zu Nutzen kommen.

3. Der Kraftwechsel.

Die meisten physiologischen Vorgänge im Pflanzenkörper, die Aufnahme und die Fortschaffung des Wassers und der Nährstoffe, die Verarbeitung derselben zu organischen Substanzen, die Wanderung der letzteren und anderes mehr erfordern einen gewissen Aufwand an lebendiger Kraft und zwar handelt es sich dabei um dieselben physikalischen und chemischen Kräfte, welche auch in der unorganischen Natur zur Geltung kommen; eine besondere »Lebenskraft«, welche nur den Organismen eigen wäre, existirt nicht. In den Samen der Pflanze ist schon eine gewisse Summe von Spannkraften vorhanden, welche bei der Keimung in lebendige Kraft umgesetzt wird und die beginnende Lebensthätigkeit der Keimpflanze bedingt. Das Maass der Kräfte, welche in der sich entwickelnden Pflanze zur Verwendung kommen, steigt aber fortgesetzt und es ergibt sich also, dass der Pflanze von Aussen her Energie zugeführt werden muss.

Die hauptsächlichste Menge der Kraft wird mit der Nahrung als Spannkraft in den Pflanzenkörper eingeführt und erst später durch innere oder äussere Ursachen in lebendige Kraft umgewandelt und für die Unterhaltung der Lebensfunctionen zur Verfügung gestellt. Hiezu kommen als wesentliche Kraftquellen noch die Arbeitsleistungen, welche durch Licht und Wärme von aussen her im Pflanzenkörper verrichtet werden. Als Vorgänge, welche in der Pflanze eine Umsetzung der durch die Ernährung gewonnenen Spannkraft in lebendige Kraft verursachen, kommen hauptsächlich die Imbibition, die Osmose und die Athmung in Betracht.

Imbibition. — Als Imbibition bezeichnet man ganz allgemein die Durchtränkung eines festen Körpers mit einer Flüssigkeit. Bei unorganischen

Körpern erfolgt die Imbibition hauptsächlich in Folge der Capillarwirkung kleinster und luftgefüllter Hohlräume, welche in der Substanz vorhanden sind. Bei organischen Substanzen spielt aber die Capillarwirkung vorhandener Hohlräume eine untergeordnete Rolle bei der Imbibition, hauptsächlich handelt es sich um eine von kleinsten Massentheilen ausgeübte Adhäsionswirkung, deren Zustandekommen durch die Molekularstruktur der organisirten Substanzen bedingt wird. Um diesen speciellen, für die Physiologie besonders wichtigen Vorgang zu verstehen, müssen wir zunächst eine Vorstellung von der feineren Struktur der organisirten Substanzen zu gewinnen suchen. Da unsere optischen Hilfsmittel bei weitem nicht ausreichen, um über die Molekularstruktur direkten Aufschluss zu geben, so bewegen wir uns hierbei auf dem Gebiete der Hypothese und dürfen es nicht als ausgeschlossen betrachten, dass die Wissenschaft früher oder später einmal eine andere der Natur der Dinge noch besser entsprechende Erklärung für die Beobachtungsthaten finden könnte.

Die Chemie lehrt, dass alle Substanzen aus Molekülen aufgebaut sind, welche im chemischen Sinne die kleinste denkbare Menge der betreffenden Substanz repräsentiren. In den organisirten Substanzen des Pflanzen- und Thierkörpers sind diese chemischen Einheiten, die Moleküle, zu gleichartigen Gruppen mit einander vereinigt, welche gewissermaassen als die mechanischen Einheiten, als die Bausteine der organisirten Substanzen anzusehen sind. Wir bezeichnen diese Molekülgruppen als Micelle. Die Micelle sind jedes für sich mit einer Wasserhülle umgeben, welche je nachdem weniger oder mehr Wasser zur Verfügung steht, geringer oder mächtiger sein kann, niemals aber über ein bestimmtes Maass hinaus zunimmt. Die Anziehungskraft, welche die einzelnen Micelle auf das Wasser in ihrer Nähe ausüben, ist wohl im Anfang stärker als die Anziehungskraft der Micelle zu einander, sie nimmt aber mit der Entfernung sehr schnell ab, und wenn die Wasserhülle eine gewisse Mächtigkeit erreicht hat und dadurch die benachbarten Micelle auf eine gewisse Entfernung auseinander gedrängt worden sind, so hält die Anziehungskraft der Micelle zu einander der Anziehungskraft zum Wasser das Gleichgewicht und verhindert eine weitere Zunahme der Wasserhüllen. Die Organisation der Substanz bewirkt also, dass bei Gegenwart von Wasser eine Imbibition erfolgt, durch welche die Substanztheile bis zu einer bestimmten Entfernung, welche dem Gleichgewichtszustande der Kräfte entspricht, auseinander gedrängt werden. Im Grossen macht sich die Auseinanderdrängung der Stofftheile durch die Anziehung von Wasser als Volumvergrösserung, als Quellung der Substanz bemerkbar. Es ist bekannt mit welcher Kraft derartige Quellungserscheinungen etwa bestehende Widerstände überwinden; quellende Samen vermögen schwere Steine emporzuheben, durch quellende Holzkeile können Felsen auseinander gesprengt werden. Diese Beispiele zeigen ohne Weiteres, dass durch die Imbibition eine beträchtliche Menge lebendiger Kraft verwendbar gemacht werden kann.

Die Bedeutung der Imbibition für die Wasserbewegung in den Zellwänden ist früher kurz erwähnt worden. Da die Wasserhüllen aller einzelnen Micelle miteinander in Verbindung stehen, findet auf weite Strecken hin eine gleichmässige Vertheilung alles vorhandenen Wassers

in den Membranen statt. Die Anziehung des Wassers durch die Micelle überwiegt die Schwerkraft bedeutend, so dass durch die Imbibition die Wassertheilchen entgegen der Schwere auf grössere Strecken gehoben werden können. Das Imbibitionswasser bildet in den Membranen ein communicirendes im Gleichgewicht befindliches System. Wird dem System an irgend einer Stelle Wasser entzogen, so findet augenblicklich eine Bewegung der Wassertheilchen statt, durch welche ein Ausgleich herbeigeführt wird.

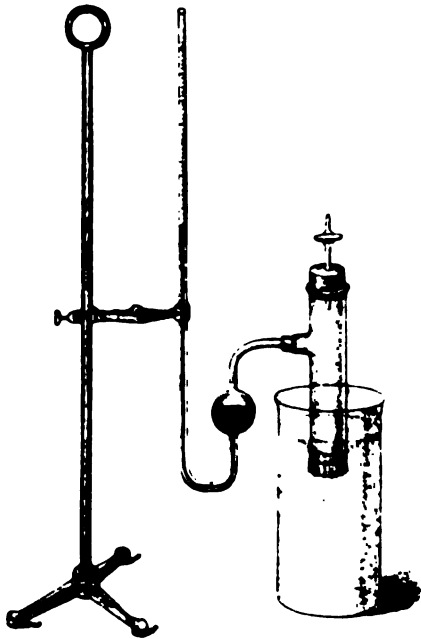
Die Störung des Gleichgewichtes in dem System des Imbibitionswassers erfolgt im normalen Fall, wie wir gesehen haben, durch die Transpiration. Die Kraft, welche in der Wasserverdunstung, das ist in dem Herausreissen von Wassertheilchen aus dem Imbibitionssystem zum Ausdruck kommt, wird durch die Wärme und zwar sowohl durch die äussere Wärme als auch durch die im Innern des Pflanzenleibes producirt Wärme geleistet. Indem unausgesetzt die Transpiration das Gleichgewicht stört, wird fortwährend die Imbibitionsfähigkeit der Membranen als Betriebskraft für den aufsteigenden Saftstrom verwerthet.

Die Imbibition gibt uns auch eine Erklärung dafür, wie es möglich ist, dass in eine organische Substanz, etwa in eine Cellulosewand nachträglich Substanztheile eingelagert werden können, wie das bei der Verholzung und Verkorkung und bei dem Intussusceptionswachsthum der Fall ist. Indem nämlich statt des Wassers wässrige Lösungen von irgend welchen Baustoffen imbibirt werden und die Micelle mit Flüssigkeitshüllen umgeben, kann eine chemische Veränderung der Substanz eingeleitet werden, oder es können die vorhandenen Micelle durch Moleküle aus der Lösung vergrössert werden, oder neue Micelle zwischen den vorhandenen entstehen.

Die Osmose. — Wenn man eine Schweinsblase, welche mit einer starken Rohrzuckerlösung gefüllt ist, fest zubindet und in reines Wasser legt, so schwillt sie allmählich auf und wird straff. Die Flüssigkeitsmenge im Innern der Blase hat sich bedeutend vergrössert, indem Wasser aus der Umgebung die Membran durchwandert hat. Diesen Vorgang bezeichnet man als Osmose oder Diosmose, er ist ein Ausdruck der Anziehungskraft zwischen zwei Substanzen, welche sich durch eine imbibirte Membran hindurch geltend macht. Nehmen wir den einfachsten Fall, dass von den zu beiden Seiten einer organischen Membran befindlichen Flüssigkeiten nur die eine imbibirt werden kann, so kann auch nur diese die Membran durchwandern, es kommt also nur eine einseitige Diosmose zu Stande. Wir müssen annehmen, dass in diesem Falle den Flüssigkeitshüllen der Micelle, welche mit der nicht imbibirten Flüssigkeit in unmittelbarer Berührung stehen, die diosmirende Substanz, Wasser oder gelöste Stoffe, entrissen wird, und dass die dadurch verursachte Gleichgewichtsstörung in dem System der Imbibitionsflüssigkeit einen continuirlichen Zustrom der betreffenden Substanz von der andern Membranseite her veranlasst. In der Mehrzahl der Fälle wird die Diosmose eine doppelseitige sein, indem beide Flüssigkeiten, wenn auch vielleicht in ungleichem Maasse, imbibirbar sind, so dass ein Austausch von Substanz nach beiden Seiten hin erfolgen kann. In dem oben geschilderten Versuch tritt z. B. nicht

nur Wasser aus der Umgebung in die mit Zuckerlösung gefüllte Schweinsblase ein, sondern umgekehrt wandert Zucker aus der Blase in das umgebende Wasser und dieser Process würde, falls nicht äussere Hindernisse vorhanden wären, so lange fortdauern, bis zu beiden Seiten der Membran Zuckerlösung von gleicher Concentration vorhanden wäre.

Durch die Osmose können beträchtliche mechanische Arbeitsleistungen vermittelt werden. Um diese Thatsache durch das Experiment nachzuweisen, verwenden wir denselben Apparat, welcher früher zum Nachweis des Wurzeldruckes benutzt wurde. Das weite Rohr *a* wird an seinem untern Ende mit einer osmotisch wirksamen Membran, etwa mit einem



Figur 163

Apparat zum Nachweis der durch Osmose erzeugten Druckwirkung. Erklärung im Text auf Seite 174.

Stück Schweinsblase fest überbunden und sodann von oben her eine fast concentrirte Rohrzuckerlösung in dasselbe gegossen, so dass auch der angrenzende Schenkel des Manometerrohres bis zur Oberfläche des Quecksilbers davon erfüllt wird. Nachdem das weite Rohr oben wieder dicht verschlossen worden ist, taucht man dasselbe mit dem untern Ende in reines Wasser. In Folge der Osmose dringt Wasser durch die Membran in den Apparat und erzeugt im Innern desselben einen hydrostatischen Druck, welcher das Quecksilber in der offenen Manometerrohre emporreibt. Die Höhe bis zu welcher die osmotische Kraft den Druck im Innern des Apparates zu steigern vermag, ist abhängig von der Beschaffenheit der Flüssigkeit und der Membran. Würde der Druck eine gewisse Höhe übersteigen, so müsste endlich der Filtrationswiderstand der Membran überwunden und die Lösung durch dieselbe aus dem Apparat herausgepresst werden. Es wird sich also bei längerer Versuchsdauer ein Gleichgewichtszustand herausstellen.

Wenn wir uns den Bau der Pflanzenzelle vergegenwärtigen, so werden wir leicht erkennen, welche hohe Bedeutung die osmotischen Prozesse für den Stoffverkehr in dem Pflanzenkörper haben müssen. Die ausgewachsene Zelle stellt eine von organischer Substanz gebildete, ringsum geschlossene Blase dar, deren Inneres von dem Zellsaft, d. h. von einer wässrigen Lösung verschiedener Salze, Säuren, Zucker, Farbstoffe etc. erfüllt ist.

Die Wand der Blase wird gebildet von der Zellmembran und von dem dieselbe auskleidenden Protoplasmaschlauch. Das Imbibitionsvermögen der Zellhaut und des lebenden Protoplasmas sind nicht gleich und in Folge

dessen sind auch die osmotischen Eigenschaften der beiden wesentlich von einander verschieden.

Die Zellwand besitzt die grössere Durchlässigkeit, durch sie diosmiren manche Substanzen, welche das Protoplasma nicht zu durchwandern vermögen. Der Beweis ist durch ein einfaches Experiment leicht zu liefern. Legt man Epidermiszellen des Blattes von *Tradescantia* in eine mit rothem Kirschsaft gefärbte Zuckerlösung, so wird durch den Zucker dem Zellsafte Wasser entzogen, das Protoplasma zieht sich zusammen und weicht von den Zellwänden zurück. In den Raum, welcher dadurch zwischen Zellwand und Protoplasma in jeder Zelle entsteht, dringt auf osmotischem Wege die gefärbte Lösung ein, das Protoplasma und der von ihm eingeschlossene Zellsaft bleiben dagegen ungefärbt.

Die geringere Durchlässigkeit des lebenden Protoplasmas verhindert nicht nur, dass gewisse Stoffe von aussen her in die Zelle eindringen, sondern sie hält auch Stoffe, welche im Zellsaft gelöst sind, in der Zelle zurück. Legen wir eine sorgfältig abgespülte Scheibe einer rothen Rübe in klares Wasser, so bleibt das Wasser lange Zeit ungefärbt, ein Beweis, dass der in jeder Zelle vorhandene rothe Farbstoff nicht durch das lebende Protoplasma diosmiren kann. Eine Prüfung des Wassers mit Fehling'scher Lösung, ergiebt, dass auch von dem in den Zellen abgelagerten Zucker nichts durch das Protoplasma hindurch gedrungen ist. Tödtet man aber durch Eintauchen in heisses Wasser das Protoplasma in den Zellen des Rübenstückes, so gelangen sowohl Farbstoff als Zucker leicht in das umgebende Wasser.

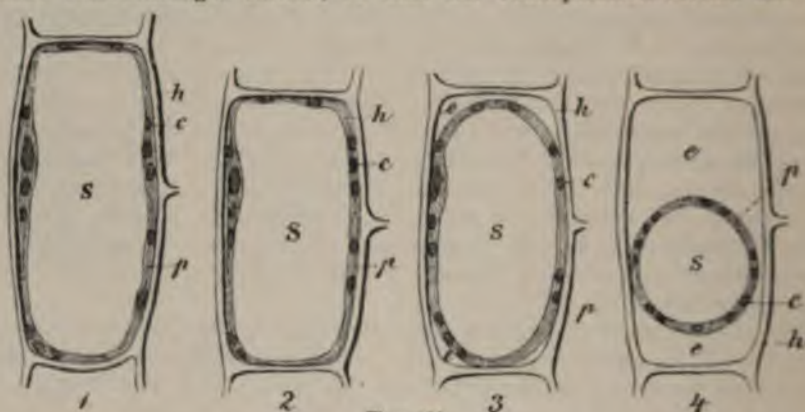
Es muss erwähnt werden, dass auch nicht alle Zellwände gleiche diosmotische Eigenschaften besitzen, besonders zeigen die verkorkten Membranen geringe Durchlässigkeit für Wasser. Auch das Protoplasma der verschiedenen Zellen dürfte sich hinsichtlich der diosmotischen Fähigkeiten verschieden verhalten; ja es ist sogar wahrscheinlich, dass innerhalb derselben Zelle die einzelnen Theile des Protoplasmakörpers besondere diosmotische Eigenschaften zeigen und dass diese Eigenschaften während des Lebens dem Wechsel unterworfen sein können.

Die spezifische osmotische Befähigung der pflanzlichen Membranen und des Protoplasmas gibt uns eine Erklärung dafür, warum nicht alle im Bodenwasser gelösten Substanzen in die Pflanze eindringen und weshalb das Mengenverhältniss, in welchem die einzelnen Nährstoffe von der Pflanze aufgenommen werden, unabhängig ist von dem Mengenverhältniss in welchem dieselben im Nährboden vorhanden sind.

Wenn im Vorstehenden die Wichtigkeit der osmotischen Vorgänge für die Wanderung der Stoffe von Zelle zu Zelle hervorgehoben wurde, so ist doch zu bemerken, dass unter Umständen ein Transport von Stoffen von Zelle zu Zelle auch noch in anderer Weise denkbar ist. Es ist in einem früheren Abschnitt kurz erwähnt worden, dass die Protoplasmakörper benachbarter Zellen in manchen Fällen in direkter Verbindung stehen. Durch zarte Poren in der trennenden Membran sind äusserst feine Verbindungsfäden ausgespannt. Wenn nun auch an einen Transport fester Stoffe vermittelst dieser Protoplasmaverbindungen nicht gedacht werden kann, so ist doch die Möglichkeit gegeben, dass gelöste Substanzen in

dem Imbibitionswasser des Protoplasmas sich durch Diffusion verbreiten und so auf dem Wege der Protoplasmaverbindungen auch durch die Poren der Membran hindurch in die Nachbarzellen gelangen.

Die verschiedenen Stoffe, welche im Innern der Zelle in Lösung vorhanden sind, veranlassen eine Wasserzufuhr von aussen her auf osmotischem Wege. Dadurch wird, wenn genügende Wassermengen zur Aufnahme vorhanden sind, von dem Protoplasma aus ein Druck auf die feste Zellwand bewirkt. Dieselbe wird elastisch gespannt und verhindert endlich durch den ausgeübten Gegendruck eine weitere Wasseraufnahme. Die Spannung zwischen Zellwand und Zellinhalt wird als **Turgor** oder **Turgescenz** der Zelle bezeichnet. Auf dem Turgor der Zellen beruht die straffe aufrechte Haltung aller saftigen Pflanzentheile. Wenn für eine Pflanze Wassermangel eintritt, so dass der Transpirationsverlust aus dem



Figur 164.

Parenchymzelle aus der Rinde des Blütenstiels von *Cephalaria leucantha* im optischen Längsschnitt. *h* Zellhaut, *p* Protoplasma, *c* Chlorophyllkörper, *s* Zellsaft. In 1 ist die Zelle turgescient, in 2 ist durch Einwirken einer vierprocentigen Salpeterlösung der Turgordruck bis zur Entspannung der Zellhaut verringert. 3 und 4 zeigen verschiedene Stadien der Plasmolyse, veranlasst durch stärkere Salpeterlösungen, wobei die plasmolysierende Lösung in den mit *e* bezeichneten Raum zwischen Zellwand und Protoplasma eindringt (nach De Vries).

im Innern der Pflanze vorhandenen Wasser gedeckt werden muss, so sinkt der Turgor in den Zellen, die saftigen Pflanzentheile werden welk und schlaff bis erneute Wasserzufuhr den Turgor wiederherstellt.

Wenn man die Zellen mit Lösungen in Berührung bringt, welche stärker wasseranziehend wirken, als die im Zellinnern vorhandenen, wenn man etwa turgesciente Zellen in genügend starke Salz- oder Zuckerlösung oder in verdünntes Glycerin legt, so wird durch die Wasserentziehung ebenfalls der Turgor herabgesetzt bis zur gänzlichen Entspannung der Zellwand. Wirkt das wasserentziehende Medium noch weiter fort, so löst sich der Protoplasmaleib der Zelle von der Zellwand ab und zieht sich entsprechend dem Wasserverlust auf einen kleinen Raum zusammen. Dieser Vorgang wird als **Plasmolyse** bezeichnet (Fig. 164). Ersetzt man das wasseranziehende Mittel rechtzeitig durch Wasser, so wird die Plasmolyse wieder aufgehoben und der Turgor wiederhergestellt.

Die Athmung. — Nicht alle durch den Ernährungsprocess erzeugten organischen Stoffe treten dauernd als Baustoffe in die Körpersubstanz des Pflanzenleibes ein, ein Theil derselben wird im weitem Verlaufe des Stoffwechsels wieder zerstört. Es handelt sich dabei um einen in jeder lebenden Zelle fortgesetzt sich abspielenden Verbrennungsvorgang, durch welchen Betriebskräfte für die Unterhaltung der Lebensthätigkeit der Zelle gewonnen werden. Aeusserlich macht sich dieser Vorgang in einer Aufnahme von Sauerstoff und in einer Abgabe von Kohlensäure durch die Pflanze bemerkbar, man bezeichnet denselben als Athmung.

Wir können den Sauerstoffverbrauch athmender Pflanzen durch ein einfaches Experiment nachweisen. In einen oben abgeschliffenen Glas-cylinder bringen wir einige in lebhaftem Wachsthum begriffene Hutzpilze, oder wir füllen denselben etwa zu einem Drittel mit Erbsen an, in welchen durch eintägiges Liegen in Wasser der Keimungsprozess angeregt worden ist. Wir schliessen die Oeffnung des Cylinders durch eine aufgelegte Glasplatte und lassen den Apparat etwa 24 Stunden unberührt stehen. Nach Verlauf dieser Zeit ist der Sauerstoff des im Cylinder abgeschlossenen Luftquantums verbraucht, ein brennendes Licht, welches wir mittelst einer Drahtstange in den Cylinder bringen, verlöscht sofort. Ein auf gleiche Weise hineingebrachtes Gläschen mit Barytwasser zeigt durch die Trübung der Flüssigkeit das Vorhandensein von Kohlensäure an. Da indes die Luft in dem Cylinder von Anfang an einen, wenn auch geringen Procentsatz von Kohlensäure enthielt, so ist zum exakten Nachweis der Kohlensäureausscheidung eine andere Anordnung des Versuches nöthig, welche durch die Figur 166 veranschaulicht wird.

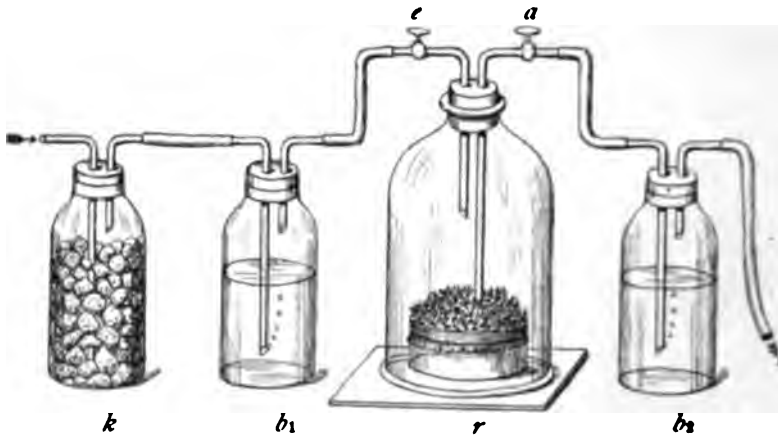
In der unten abgeschliffenen tubulierten Glasglocke *r*, welche luftdicht auf eine Glasplatte aufgesetzt ist, befindet sich keimende Gerste. Durch den Tubulus der Glocke sind luftdicht zwei mit Glashähnen versehene, gebogene Röhren geführt. Durch die eine derselben *e* soll Luft in die Glocke hineingeleitet werden, durch die andere *a* soll die Luft aus der Glocke herausgesaugt werden. Die durch *e* eintretende Luft wird vorher durch das Gefäss *k* geleitet. Die in demselben vorhandenen Bimsteinstücke sind mit Kalilauge getränkt, welche der durchströmenden Luft alle Kohlensäure entreisst. Um uns zu überzeugen, dass die Luft nach dem Verlassen des Gefässes *k* wirklich kohlenstofffrei geworden ist, leiten wir dieselbe, bevor sie in die Glasglocke einströmt, in das mit Barytwasser gefüllte Gefäss *b*₁. Etwa noch vorhandene Kohlensäure würde durch Trübung des Barytwassers angezeigt werden. Wenn aber die Einrichtung so getroffen wird, dass die Luft nur langsam durch das Gefäss *k* streicht, so bleibt das Barytwasser in *b*₁ völlig klar; allen-



Figur 165.

Sachs'scher Versuch zum Nachweis des Sauerstoffverbrauchs durch athmende Pflanzen (nach Oels). Erklärung im Text auf Seite 177.

falls kann man den Luftstrom noch durch ein zweites Gefäss mit Kalilauge leiten. Es kann also zu den Keimlingen unter der Glocke *r* nur kohlen-säurefreie Luft gelangen. Bevor wir nun den Apparat weiter zusammen-setzen, saugen wir mit Hilfe einer Wasserstrahlluftpumpe, welche mit dem freien Ende der Röhre *a* verbunden ist, einige Zeit hindurch kohlen-säurefreie Luft durch die Glocke *r* bis wir sicher annehmen dürfen, dass das ursprünglich vorhandene Quantum atmosphärischer Luft in der Glocke *r* durch die hinzuströmende Luft verdrängt worden ist. Sodann schliessen wir die beiden Glashähne in den Röhren *a* und *c* und schalten zwischen der Röhre *a* und der Luftsaugpumpe das Gefäss *b₂* ein, welches klares Barytwasser enthält. Setzen wir nun nach Oeffnung der Glashähne die Luftpumpe in Thätigkeit, so strömt fortgesetzt kohlen-säurefreie Luft in



Figur 166.

Apparat nach Sachs zum Nachweis der Kohlensäureausscheidung. Die von links her ein-tretende Luft wird in dem Gefäss *k*, welches Bimsteinstücke mit Kalilauge enthält, kohlen-säurefrei gemacht und strömt durch das in *b₁* enthaltene Barytwasser ohne es zu trüben in den Recipienten *r*. Dort befinden sich lebende Keimpflanzen, welche Kohlensäure aus-atmen. Die von dort durch das Rohr *a* kommende Luft trübt daher das Barytwasser in *b₂*.

die Glasglocke *r* ein, die dort befindlichen Keimpflanzen aber scheiden bei der Athmung Kohlensäure aus. Die Luft, welche aus der Glasglocke in das Gefäss *b₂* gelangt, ist also wieder kohlen-säurehaltig und trübt in Folge dessen das Barytwasser.

Wenn man lebende Pflanzen in einer sauerstofffreien Atmosphäre, etwa in Wasserstoff oder im luftleeren Raum wachsen lässt, so hört die Kohlensäureausscheidung nicht augenblicklich auf, sondern dauert bisweilen noch mehrere Stunden lang fort. Die Zerlegung der organischen Substanzen in den Zellen, welche zu der Kohlensäurebildung führt, findet also auch unabhängig von der Einwirkung des äusseren Sauerstoffes statt. Der zu der Kohlensäurebildung nöthige Sauerstoff stammt aus dem Molekular-verbande des Pflanzenkörpers.

Diese Kohlensäurebildung, welche also auf einer molekularen

Aenderung der organischen Substanzen des Pflanzenkörpers beruht, wird als intramolekulare Athmung bezeichnet. Sie ist der eigentlich wesentliche Vorgang bei dem Athmungsprozess. Die Sauerstoffaufnahme von aussen her ist nur die Folge des durch die intramolekulare Athmung geschaffenen Sauerstoffbedürfnisses in der organischen Substanz des Pflanzenleibes.

Wir haben in der Athmung einen Lebensprozess vor uns, der in seinen äusseren Erscheinungen dem Prozesse der Assimilation genau entgegengesetzt ist. Bei der Letzteren werden unter Aufwand der von Licht und Wärme gelieferten Kräfte, organische Verbindungen zusammengesetzt, indem Kohlensäure aufgenommen und Sauerstoff abgegeben wird; es wird also die Summe der im Pflanzenkörper vorhandenen Spannkkräfte erhöht: bei der Athmung dagegen werden organische Verbindungen unter Sauerstoffzufuhr verbrannt und Kohlensäure abgegeben; ein Theil der durch die Assimilation gewonnenen Spannkraft wird dadurch in lebendige Kraft umgesetzt und für die Unterhaltung der Lebensvorgänge in den Zellen zur Verfügung gestellt.

Die Menge der von einer assimilirenden Pflanze aufgenommenen Kohlensäure überwiegt bedeutend die Kohlensäuremenge, welche durch die Athmung von derselben Pflanze abgegeben wird. Die Folge davon ist, dass während der Assimilation die Ausathmung von Kohlensäure der Beobachtung entzogen wird; wir haben deshalb für die Versuche über die Athmung Objekte gewählt, welche kein Chlorophyll besitzen und also nicht assimiliren. Will man grüne Pflanzen für die Experimente benützen, so ist es nöthig, die Versuchspflanzen zu verdunkeln, um die Assimilation und den dadurch bedingten Gasaustausch zu verhindern. Im natürlichen Verlauf der Dinge überwiegt nach dem Gesagten bei den grünen Pflanzen am Tage die Sauerstoffabgabe; in der Nacht dagegen, wo der Athmungsprozess allein zur Geltung kommt, scheiden die Pflanzen Kohlensäure aus.

Dass bei der Athmung der Pflanzenzelle Spannkraft in lebendige Kraft übergeführt wird, geht aus der dabei nachweisbaren Wärmeerzeugung hervor. Unter gewöhnlichen Umständen ist freilich der als äussere Wärme bemerkbare Ueberschuss an lebendiger Kraft gering und wird durch die Strahlung und durch den Wärmeverbrauch bei der Transpiration leicht ausgeglichen, bei vorsichtiger Versuchsanstellung gelingt es indes auch, die Erwärmung athmender Pflanzentheile direkt nachzuweisen. Wir füllen einen Glastrichter, der in einem Becherglase mit etwas Kalium steht, mit keimenden Erbsen oder Getreidekörnern an und überdecken denselben mit einer tubulirten Glasglocke, durch deren Tubulus ein genaues Thermometer so weit eingeschoben ist, dass die Quecksilberkugel sich zwischen den Erbsen oder Blüthenköpfchen befindet. Die Glocke darf nicht dicht

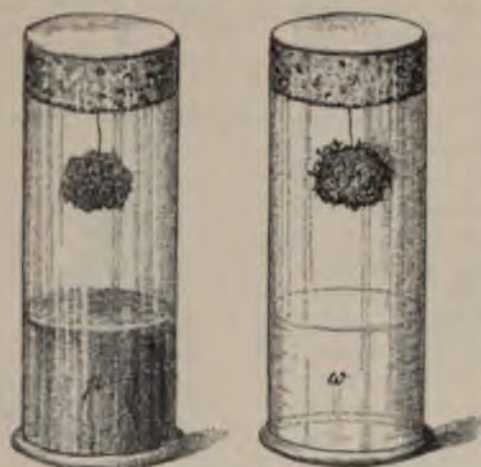


Figur 167.

Apparat zum Nachweis der
Wärmeerzeugung bei der
Athmung.

Erklärung im Text auf S. 179.

schliessen, damit Luft in den Raum strömen kann; die Kalilauge in dem Becherglase ist bestimmt, die produzierte Kohlensäure aufzunehmen, um eine die Athmung beeinträchtigende Ansammlung derselben zu verhüten. In einen ganz gleichen Apparat füllen wir den Trichter mit feuchten Papierkügelchen an. Beide Apparate werden so neben einander aufgestellt, dass alle äusseren Bedingungen für beide möglichst gleich sind. Nach einiger Zeit zeigt das Thermometer in dem mit keimenden Samen beschickten Apparat eine um einen oder einige Grade höhere Temperatur an als dasjenige des Controllapparates. Als Ausnahme von der Regel sind die Fälle zu betrachten, in denen durch sehr intensive Athmung ein so starker Wärmeüberschuss in Pflanzentheilen erzielt wird, dass die Erwärmung schon äusserlich durch das Gefühl bemerkbar ist. So ist z. B. an dem Spadix der aufblühenden Inflorescenzen von Arumarten bisweilen



Figur 168.

Apparat zum Nachweis der Thatsache, dass Samen bei Sauerstoffausschluss nicht keimen. *p* Pyrogallussäure. *w* Wasser. Erklärung im Text auf S. 180.

eine Selbststerwärmung bis zu 15 und mehr Graden Cels. zu beobachten. Ebenso ist auch die Umsetzung der durch die Athmung frei werdenden Kraft in strahlende Energie bei der Phosphorescenz der selbstleuchtenden Pflanzen, des *Agaricus melleus* u. a. m. als ein seltenes Vorkommnis zu betrachten, dem eine allgemeine Bedeutung nicht beigemessen werden kann.

In einem früheren Abschnitt ist gesagt worden, dass mit Ausnahme einer geringen Anzahl niederer gährungserregender Organismen alle Pflanzen ebenso wie die Thiere eine Sauerstoffzufuhr zur Unterhaltung ihrer Lebensprozesse nöthig haben. Wenn wir Pflanzen in eine sauerstofffreie Atmosphäre bringen,

so werden alle Lebensäusserungen unterbrochen, und wenn die Sauerstoffentziehung von längerer Dauer ist, so tritt der Tod ein. Auch für die beginnende Lebensthätigkeit keimfähiger Samen ist die Sauerstoffathmung ein unbedingtes Erfordernis: Wenn wir keimfähige Samen in einer Wasserstoffathmosphäre oder im luftleeren Raum unter sonst günstige Keimungsbedingungen bringen, so bleibt die Keimung aus.

Wir füllen, um den Versuch anzustellen (Fig. 168), in einen nicht zu hohen Glaszylinder mit gutschliessendem Stopfen etwas Pyrogallussäure, durch welches dem darüber verbleibenden Luftquantum der Sauerstoff entzogen wird. An dem Stopfen befestigen wir ein feuchtes Schwämmchen, auf welches einige Kresssamens ausgesät sind. Oben auf den ein wenig in den Cylinder hinabgedrückten Stopfen giessen wir geschmolzenes Paraffin oder Quecksilber, um einen luftdichten Verschluss zu erzielen. Zur Kontrolle

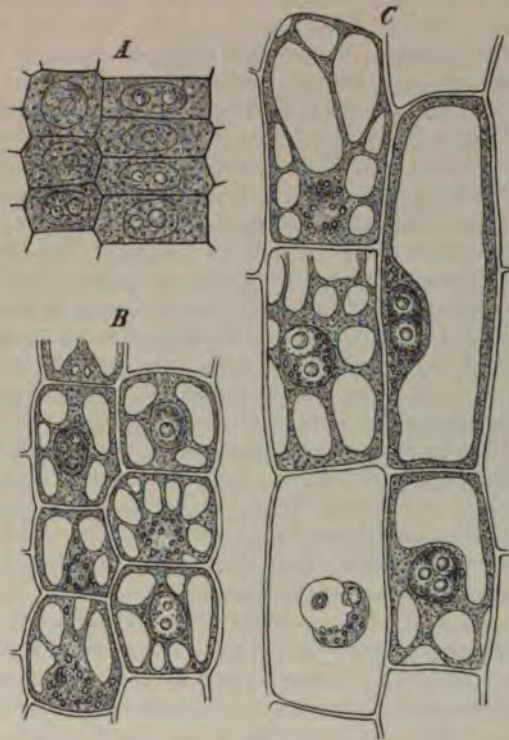
wird ein gleiches Gefäß in gleicher Weise hergerichtet, nur mit dem Unterschiede, dass statt der Pyrogallussäure Wasser eingefüllt wird. Nach kurzer Zeit keimen die Samen in dem Kontrollapparat, während die Samen über der Pyrogallussäure selbst bei längerer Versuchsdauer ungekeimt bleiben.

Verwenden wir bei dem Versuch Keimpflanzen, deren Wurzel schon eine gewisse Länge erreicht hat, so lässt sich durch die direkte Messung constatiren, dass in sauerstofffreiem Raume kein Wachstum stattfindet. Werden die Versuchspflanzen nicht zu lange dem Sauerstoffmangel ausgesetzt, so können sie später unter normalen Bedingungen sich auch wieder normal weiter entwickeln.

4. Das Wachstum.

Das Wachstum der Pflanzen beruht im Wesentlichen darauf, dass die durch den Ernährungsprozess gewonnenen organischen Verbindungen in die Körpersubstanz der Organismen eingefügt werden. Wir können das Wachstum im Allgemeinen definiren als eine Volumvermehrung, welche bleibende Gestaltveränderungen veranlasst. Während der Verlauf des Wachstums in den einzelnen Entwicklungsstadien der Pflanze und ihrer Organe in gewissem Grade durch den Einfluss äusserer Umstände mechanisch erklärbar erscheint, ist die durch das Wachstum erreichte Gestalt der Pflanze und ihrer Theile als der Ausdruck erblicher Eigenschaften anzusehen, für deren Natur und Wirksamkeit wir zur Zeit keine genügende Erklärung haben.

Das Wachstum der Zellen. — Bei den aus Zellen aufgebauten Gewächsen haben wir zwei das Wachstum bedingende Vorgänge zu unterscheiden, die Vermehrung der Zellenzahl und die Vergrößerung der einzelnen Zellen. Die Vermehrung der



Figur 169.

Parenchymzellen aus der Wurzelrinde der Kaiserkrone in verschiedenen Wachstumsstadien. **A** Embryonales Stadium, **B** und **C** in Streckung begriffene Zellen. (Nach Sachs).

Zellenzahl findet, wie wir früher gesehen haben, hauptsächlich in den jugendlichen Pflanzentheilen, in dem meristematischen Gewebe der Vegetationspunkte und im Cambium der älteren Organe statt. Dieselbe braucht nicht direkt ein Wachsthum, d. i. eine bleibende Gestaltveränderung der betreffenden Pflanzentheile, zu bewirken, denn die durch die Zelltheilung entstehenden neuen Zellen nehmen vorerst keinen grösseren Raum ein, als die Mutterzelle aus der sie hervorgegangen sind. Sie behalten indes ihre ursprüngliche Dimension nicht dauernd bei. Die jugendlichen Zellen sind ganz oder fast ganz von Protoplasma erfüllt; später vergrössern sich dieselben wesentlich, indem die organische Substanz der Zellwand und des Protoplasmas durch Aufnahme geeigneter Baustoffe vermehrt wird und indem im Protoplasma Vakuolen auftreten, welche sich mehr und mehr vergrössern und endlich den mittleren Theil der Zellhöhlung ganz einnehmen (Fig. 169). Nachdem die Zellen ihre definitive Grösse erreicht haben, findet noch eine spezifische Ausgestaltung derselben statt. Wir können also in dem Entwicklungsgange einer Zelle drei aufeinanderfolgende Stadien oder Phasen erkennen: 1. den embryonalen Zustand, 2. den Zustand der Streckung, der zur Erreichung der definitiven Grösse und Gestalt führt, und 3. den Zustand der inneren Ausbildung. Die regelmässige Aufeinanderfolge dieser drei Wachstumsphasen bezeichnet man als die grosse Periode.

Ein direkter Einblick in die Mechanik des Wachsthums der organischen Substanzen des Protoplasmas und seiner Theile und der Zellwand ist selbst mit den besten optischen Hilfsmitteln unmöglich. Wir sind bezüglich derselben wieder auf eine Hypothese angewiesen, die an die Vorstellung über den molekularen Bau der organisirten Substanz anknüpft. Das Protoplasma ist der eigentliche Träger des Lebens. In seinem Innern vollziehen sich wie wir gesehen haben, fortgesetzt complicirte Stoffwechselvorgänge; Aufbau und Zertrümmerung von Molekülen gehen neben einander her. Zu jeder Zeit werden Stoffe aufgenommen und ausgeschieden. Wenn die Aufnahme die Ausgabe übersteigt, so muss eine Volumvermehrung zu Stande kommen, im entgegengesetzten Fall tritt eine Volumverminderung ein. Die beiden Fälle können zu jeder Zeit miteinander abwechseln, so dass also hier von einer bleibenden Volumveränderung nicht gesprochen werden kann. Bestimmtere Vorstellungen lassen sich schon gewinnen, wenn wir nicht das gesammte Protoplasma einer Zelle, sondern einzelne bestimmt geformte Theile, wie die Chlorophyllkörper oder organische Einschlüsse wie die Stärkekörner ins Auge fassen, oder wenn wir unsere Betrachtung auf die Cellulosewand der Zelle beziehen.

Alle diese Gebilde sind aus Micellen aufgebaut, welche von Flüssigkeitshüllen umgeben sind. Diese Struktur ermöglicht es, dass Moleküle der Baustoffe in das Innere der Substanz zwischen die vorhandenen Micelle einwandern können. Sie können dort entweder sich an die Micelle ansetzen, oder aber sie vereinigen sich an einzelnen Punkten in den Intermicellarräumen zu neuen Micellen, die sich mit eigener Flüssigkeitshülle umgeben. Es ist klar, dass dadurch die vorhandenen Micelle auseinandergerückt werden müssen und dass also die Substanzvermehrung eine bleibende Volumvergrößerung des Gesamtkörpers zur Folge hat. Man bezeichnet

diesen Wachsthumsvorgang, dessen Vorbedingung die Imbibition ist, als Intussusception. Neben diesem Wachstum kann nun bei den Stärkekörnern und bei den Zellwänden noch eine andere bleibende Volumvergrößerung vor sich gehen dadurch, dass vom Protoplasma neue Lamellen der betreffenden Substanz gebildet und auf die vorhandenen aufgelagert werden. Dieser Vorgang wird als Apposition bezeichnet. Durch Apposition kann nur eine Dickenzunahme nicht aber die Flächenvergrößerung der Zellwand erklärt werden.

Bei der Streckung der Zellen ist es hauptsächlich die Ausbildung der Vakuolen im Zellinnern und das Flächenwachstum der Zellwand durch welches die bleibende Volumveränderung bewirkt wird. Die Einlagerung neuer Substanz in die Zellwand bedingt, wie wir gesehen haben, ein Auseinanderdrängen der vorhandenen Micelle, es muss also dabei die Cohäsionskraft zwischen den Micellen überwunden werden. In kräftig wachsenden Zellen ist durch die vom Turgor bewirkte elastische Dehnung der Zellwand schon ein Theil der Cohäsionskraft überwunden, so dass dadurch die Intussusception erleichtert wird. Früher nahm man an, dass der Turgor die unerlässliche Vorbedingung für das Zustandekommen des Flächenwachstums der Zellwand sei; in neuester Zeit ist indes von Pfeffer durch exakte Versuche gezeigt worden, dass auch unabhängig von der Dehnung, ein beträchtliches Flächenwachstum durch Intussusception erfolgen kann und dass auch normaler Weise im Pflanzenkörper intensivste Turgescenz und ausgiebigstes Flächenwachstum der Zellwand nicht überall neben einander hergehen.

In der dritten Wachstumsphase erlangen die Zellen ihre definitive Ausbildung. Dieselbe kann sich sowohl auf den Zellinhalt als auf die Zellwand oder auf beide zugleich beziehen. Unter der Umbildung des Inhaltes haben wir die Chlorophyllbildung in den Zellen des Assimilationsgewebes, ferner die Ablagerungen von Reservestoffen und Sekreten, zu verstehen, die sich in den Zellen des Speichergewebes und in den Sekretzellen vollziehen; auch das gänzliche Schwinden des lebenden Zellinhaltes in den Holzfasern, in den Zellen, welche zu Gefässgliedern werden u. a. m., gehört hierher. Die häufigsten Umbildungen, welche die Zellwände in dem dritten Wachstumsstadium erfahren, bestehen in der Ausbildung der auf Seite 93 besprochenen Wandverdickungen und in chemischen Veränderungen der Wandsubstanz durch Verholzung oder Verkorkung. Endlich ist auch die Auflösung von Zellwänden oder von einzelnen Theilen derselben, wie sie bei der Bildung der Gefässe und bei der Entstehung mancher Sekretbehälter eintritt, hier anzuführen.

Das Wachstum der Organe. — Wir können am Pflanzenkörper bezüglich der Wachstumsverhältnisse zwei Gruppen von Organen unterscheiden: einmal solche Organe, welche längere Zeit unbegrenzt fortwachsen, wie die Wurzeln und die vegetativen Sprossachsen, und zweitens Organe, welche nach einiger Zeit eine definitive Grösse und Gestalt erreichen, wie die Blätter und die Blüthen. Bei Organen der letzteren Art ist es leicht, ebenso wie bei den Zellen, eine grosse Periode des Wachstums zu erkennen. Jedes Blatt, jede Blüthe tritt zuerst als ein aus embryonalem Gewebe bestehendes Höckerchen auf, welches alsbald

in die zweite Wachstumsphase, in die Periode der Streckung eintritt und zu seiner definitiven Grösse und Gestalt heranwächst. Sobald dieses Stadium erreicht ist, findet nur noch innere Differenzierung der Theile statt, welche zur endgültigen Ausbildung des Organes, zu dem Zustande des Ausgewachsenseins führt.

Aber auch bei den Organen mit unbegrenztem Wachstum können wir die grosse Periode constatiren. Wir tragen auf die Keimwurzel einer grossen Bohne, *Vicia Faba*, von der Spitze anfangend, Tuschmarken in gleichen Abständen auf und befestigen die Bohne in einem Glaszylinder, so dass die Wurzelspitze senkrecht abwärtsgekehrt ist (Fig. 170 A). Durch Anbringung von Fliesspapierstreifen, welche in das den Boden des Cylinders bedeckende Wasser tauchen, wird die Luft im Gefässe feucht erhalten. Um jeglichen Einfluss des Lichtes auf das Wachstum der Wurzel abzuhalten, stellen wir den Apparat ins Dunkle. Nach einiger Zeit sehen wir, dass die Wurzel sich durch Wachstum verlängert hat und dass ein Theil der Tuschmarken dadurch ungleichmässig auseinandergerückt worden ist (Fig. 170 B). Es ergibt sich daraus, dass sich das kräftigste Wachstum der Wurzel auf eine kurze Strecke beschränkt, welche wenige Millimeter hinter der Spitze liegt. Das unmittelbar an der Wurzelspitze gelegene Gewebe zeigt geringe Zunahme. Es ist die Zone des embryonalen Gewebes, in welchem die Zellvermehrung durch fortgesetzte Theilung erfolgt. Darauf folgt ein in lebhafter Streckung befindlicher Abschnitt der Wurzel, auf welchem die Tuschmarken den weitesten Abstand erreicht haben. Der noch weiter rückwärts liegende Theil der Wurzel hat keine Streckung mehr erfahren, er hatte beim Beginn des Versuches schon seine definitive Grösse erreicht und befindet sich in der letzten Wachstumsphase der inneren Ausbildung.



Figur 170.

A Apparat zur Beobachtung des Wachstums der Wurzel einer Bohne. B Die Spitze einer mit Tuschmarken versehenen Bohnenwurzel zu Anfang und zu Ende des Versuchs. Vergl. Text auf Seite 184.

Der Unterschied der fortwachsenden Organe von denjenigen, welche ein begrenztes Wachstum besitzen, beruht also nur darin, dass bei den letzteren alles embryonale Gewebe gleichmässig in Streckung und innere Ausbildung übergeht, während bei den ersteren an der Spitze ein Theil des embryonalen Gewebes erhalten bleibt, um fortgesetzt nach rückwärts hin Gewebetheile abzugeben, welche zunächst in Streckung übergehen und dann durch innere Ausbildung den Endzustand erreichen.

Das Experiment mit der durch Tuschmarken bezeichneten Wurzel kann uns auch Auskunft geben über den zeitlichen Gang des Längenwachstums in der Periode der Streckung. Wir sehen, dass an dem der Wurzelspitze zunächstliegenden Theil der in Streckung begriffenen Zone nur wenig Wachstum stattgefunden hat. An den nächst älteren Theilen nimmt die Wachstumsgrösse schnell zu, weiter oben aber werden die Abstände zwischen den Tuschmarken wieder geringer bis zu der Zone,

in welcher überhaupt kein Auseinanderrücken der Markten mehr bemerkbar ist. An den soeben aus dem embryonalen Zustande heraustretenden Zonen der Wurzel setzt also die Streckung langsam ein, sie wird dann allmählich beschleunigt, bis sie in einer gewissen Entfernung von der Wurzelspitze ihr Maximum erreicht und nimmt von dort aus allmählich wieder ab, um endlich mit dem Abschluss der zweiten Wachstumsphase ganz zu erlöschen.

Wir haben nun zunächst auf die drei Wachstumsphasen der Organe noch etwas näher einzugehen. Wir haben gesehen, dass in dem embryonalen Gewebe des Pflanzenkörpers fortgesetzt Zelltheilungen erfolgen und dass die dadurch gebildeten Zellen nachträglich eine erhebliche Streckung erfahren. Es darf aus dieser zeitlichen Aufeinanderfolge der Zelltheilung und der Streckung nicht gefolgert werden, dass die Theilungsvorgänge unabhängig von dem Wachstum etwa aus inneren Ursachen erfolgen. Vielmehr ist die Zelltheilung eine Folge des Wachstums. Sobald eine



Figur 171.

Längsschnitt durch den Vegetationspunkt einer Winterknospe der Edeltanne. Die Zellwände lassen, soweit nicht durch die Anlagen seitlicher Organe eine Störung veranlasst wird, eine regelmässige Anordnung zu confocalen Parabeln erkennen. (Nach Sachs.)

theilungsfähige embryonale Zelle durch Wachstum eine gewisse Maximalgrösse erlangt hat, tritt in ihr Kern- und Zelltheilung ein und die entstandenen Tochterzellen wachsen erst wieder bis zu ihrer Maximalgrösse heran, bevor weitere Theilungen erfolgen. Wird das Wachstum des embryonalen Gewebes durch mangelhafte Ernährung gehemmt, so bleibt auch die Zahl der Zelltheilungen geringer als in normalen gut ernährten Vegetationspunkten.

Die Richtung, in welcher die Theilung der embryonalen Zellen erfolgt, ist nicht eine beliebige, sondern sie wird durch bestimmte äussere Umstände bedingt. Im allgemeinen gilt das Gesetz, dass die neue Wand die Mutterzelle in annähernd gleiche Hälften theilt und sich rechtwinklig an die vorhandene Zellwand ansetzt, und dass ferner die Theilung senkrecht zu der Richtung des intensivsten Wachstums erfolgt. In fadenförmigen Verbänden cylindrischer Zellen erfolgt also mit seltenen Ausnahmen die Theilung quer zur Längsrichtung des Fadens. In Gewebekörpern, wie sie die Vegetationspunkte der höheren Pflanzen darbieten,

lassen sich diese Verhältnisse nicht mehr so leicht übersehen, indes ist sehr häufig schon aus den zwischen der Zellanordnung und der äusseren Form des Gewebekörpers vorhandenen einfachen geometrischen Beziehungen auf eine durch äussere Umstände mechanisch bedingte Gesetzmässigkeit in der Folge und Richtung der Zelltheilungen zu schliessen. Man bezeichnet die Zellwände, welche der Oberfläche des Organes parallel verlaufen, als Periklinen, diejenigen, welche zur Oberfläche hin gerichtet sind, als Antiklinen. In dem sehr häufigen Fall, dass der Vegetationspunkt eines Sprosses annähernd die Form eines Paraboloids besitzt, finden wir in Folge des gesetzmässigen Verlaufes der Zelltheilungen die Periklinen und Antiklinen auf dem Längsschnitt des Vegetationskegels anfangs zu zwei Scharen confocaler Parabeln angeordnet (Fig. 171). Später geht durch Verschiebung der Zellen während der Streckung die Regelmässigkeit der Anordnung meistens verloren.

Wir dürfen uns den Vorgang der Streckung in dem in der zweiten Wachstumsphase begriffenen Abschnitt eines Pflanzenorganes nicht so vorstellen, als ob die Gesamtmasse der Zellen gleichmässig an Ausdehnung gewinnt, sondern jede Zelle verlängert sich selbständig nach Massgabe des in ihr stattfindenden Flächenwachstums der Zellwand und der durch den Turgor bewirkten Dehnung. Die Bildsamkeit der organischen Substanz der Zellwand gestattet es, dass die ungleichmässig sich vergrössernden Zellen an einander hingeleiten und Raum gewinnen, ohne dass es durch entstehende Spannungen zur Zerreissung des Gewebeverbandes zu kommen braucht. Man bezeichnet diesen Vorgang als gleitendes Wachstum. In Folge des Turgordruckes hat jede Zelle das Bestreben ihren Gesamtumriss möglichst abzurunden. Auch diesem Bestreben wird durch die Plasticität der organischen Substanz der Wände Rechnung getragen, indem die Zellwände an den Kanten der Zellen sich spalten, so dass Interzellularräume entstehen, welche schliesslich durch den ganzen Körper der erwachsenen Pflanze ein zusammenhängendes System von luftgefüllten Hohlräumen darstellen.

Die Spannungen zwischen den einzelnen Zellen eines Gewebecomplexes werden, wie wir sahen, durch das gleitende Wachstum und durch die Ausbildung von Interzellularräumen ziemlich vollständig ausgeglichen; indem aber ganze Gewebecomplexe ein ungleichmässiges Wachstum bethätigen, kommen im Pflanzenkörper Gewebespannungen zu Stande, welche wesentlich zur Festigung krautartiger Pflanzentheile beitragen. An den Sprossen ist die äussere Gewebeschicht durch das stärkere Wachstum der innern Theile passiv gedehnt. Wenn wir z. B. von einem Internodium eines krautartigen Stengels einen Gewebestreifen der Länge nach abschälen, so zieht sich derselbe augenblicklich zusammen und verkürzt sich soweit, dass er nicht mehr zur Bedeckung der durch das Abschälen entstandenen Wunde ausreicht. An den Wurzeln zeigen umgekehrt die äusseren Gewebepartien das stärkste Wachstum. Halbiren wir eine junge Wurzel der Länge nach, so krümmen die Hälften sich einwärts, weil entsprechend der bestehenden Spannung, der Gefässbündelstrang sich zusammenzieht, die Rinde dagegen sich auszudehnen strebt.

Die passive Dehnung, welche die oberflächlichen Gewebepartien

der Sprosse erfahren, bezieht sich nicht nur auf die Längsrichtung des Organes, sondern die Gewebe sind auch quer gespannt. Schneiden wir eine Querscheibe aus einem krautartigen Internodium heraus und führen durch dieselbe einen Schnitt in der Richtung eines Radius bis zur Mitte, so klapft der Schnitt auseinander, weil die äusseren Gewebe, das Hautgewebe und die darangrenzenden Theile der Rinde sich zusammenziehen.

Als einen Ausdruck von Querspannungen in den Geweben der Sprosse müssen wir ferner das Hohlwerden vieler Internodien und Blattstiele ansehen. Das Markgewebe vermag in ihnen der starken Querausdehnung der äusseren Gewebeschichten durch Wachstum nicht mehr zu folgen und zerreisst. In vielen Fällen scheinen nebenbei noch andere innere Ursachen bei der Entstehung der hohlen Internodien eine Rolle zu spielen.

Als die Folgen eines ungleichmässigen Längenwachsthumms verschiedener Gewebepartien müssen wir auch die eigenthümlichen Bewegungserscheinungen gewisser wachsender Pflanzentheile ansehen, welche im Folgenden kurz besprochen werden sollen. Wenn wir über dem noch nicht mit einer Stütze in Berührung befindlichen Gipfel einer windenden Pflanze eine Glasplatte in horizontaler Lage befestigen und von Zeit zu Zeit die Lage, welche die Spitze des etwas überhängenden Sprossgipfels einnimmt mit einem Farbstift auf der Platte markiren, so ergibt sich meist schon nach einer oder nach einigen Stunden aus der gegenseitigen Lage der aufeinander folgenden Marken, dass der Sprossgipfel der Pflanze fortgesetzt herumschwingt und mit seiner Spitze annähernd eine Kreislinie oder eine Ellipse beschreibt. Man bezeichnet diese Erscheinung als die *revolutive Nutation* oder *Circumnutation* des Sprosses. Sie kommt dadurch zu Stande, dass nacheinander die verschiedenen Seiten des Sprosses stärker in die Länge wachsen als die entgegengesetzte Sprossseite. Die Nutation ermöglicht dem Spross der Schlingpflanzen das Auffinden und Ergreifen einer Stütze. Die Erscheinung ist indes nicht auf den Spross der Schlingpflanzen beschränkt, sondern im Pflanzenreich weit verbreitet und an vielen Pflanzenorganen beobachtet worden. Während meistens, besonders bei cylindrischen Organen, die Stelle stärksten Längenwachsthumms allmählich das Organ umkreist und nacheinander alle Seiten desselben trifft, wechseln in manchen Fällen nur zwei diametral gegenüberliegende Seiten in der Wachsthummsintensität, so dass also die Spitze des Organes pendelartig hin und her schwingt, man spricht dann von pendelartiger Nutation. Diese letztere Art des ungleichmässigen Wachsthumms bewirkt z. B. das periodische Oeffnen und Schliessen mancher Blüthen, und das zustande kommen der Tag- und Nachtstellung bei vielen Laubblättern, denen besondere Bewegungsorgane fehlen.

Endlich haben wir auch der Einkrümmung der Ranken als einer Folge ungleichseitigen Wachsthumms hier zu gedenken. Sobald eine wachsende Ranke mit der rauhen Oberfläche einer Stütze in Berührung tritt, vermindert sich der Turgor in den Zellen der berührten Seite. Die Seite bleibt in der Folge im Wachstum hinter der entgegengesetzten Seite wesentlich zurück, und es entsteht eine scharfe Einkrümmung, durch welche die Spitze der Ranke um die Stütze herumgeschlungen wird. Indem sich die Wachsthummsverzögerung später auch auf die basalen

Theile der Ranke fortsetzt, entsteht zwischen den gegenüberliegenden Seiten eine starke Gewebespannung, welche bewirkt, dass sich die Ranke in ihrem freien Theil korkzieherartig einrollt. Da Basis und Spitze der Ranke fixirt sind, so kann die Einrollung nur in der Weise vor sich gehen, dass ein Theil nach rechts, ein Theil nach links gewunden ist (Fig. 172).

Die Veränderungen, welche während der dritten Wachstumsphase in den Organen des Pflanzenkörpers vor sich gehen, bestehen hauptsächlich

in der Gewebedifferenzirung, welche aus der definitiven Ausbildung der Zellen sich ergibt. Für die Sprosse und Wurzeln des grössten Theiles der Blütenpflanzen kommt noch das durch ein Cambium vermittelte

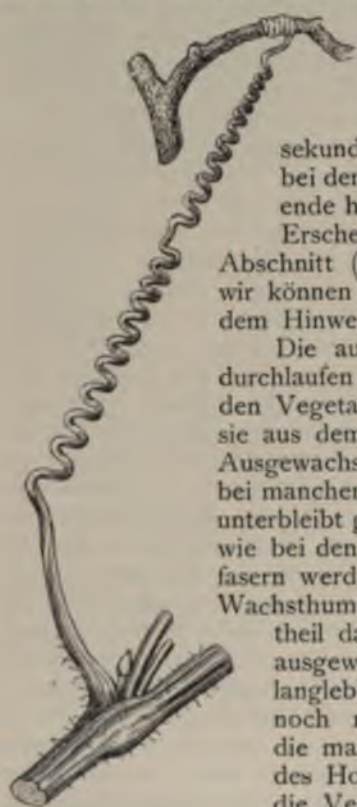
sekundäre Dickenwachsthum hinzu, welches sich bei den holzbildenden Gewächsen bis an das Lebensende hin fortsetzt. Die morphologische Seite dieser Erscheinung ist schon früher in einem besonderen

Abschnitt (Seite 127 f.) eingehender erörtert worden, wir können uns hier deshalb in dieser Beziehung mit dem Hinweis auf das dort Gesagte begnügen.

Die aus dem Cambium hervorgegangenen Zellen durchlaufen denselben Entwicklungsgang wie die aus den Vegetationspunkten hervorgehenden Zellen, bevor sie aus dem embryonalen Zustand in das Stadium des Ausgewachsenseins gelangen. Die Längenstreckung ist bei manchen dieser Zellen freilich eine sehr geringe oder unterbleibt ganz. Wo ergiebige Längenstreckung erfolgt, wie bei den Zellen, welche zu Bastfasern oder zu Holzfasern werden, da werden dieselben durch gleitendes Wachsthum ermöglicht, ohne dass der ganze Pflanzen-

theil dadurch einen Längenzuwachs erfährt. In den ausgewachsenen Gewebeelementen des Holzkörpers langlebiger Pflanzen pflegen sich in späteren Jahren noch nachträgliche Veränderungen zu vollziehen, die man in ihrer Gesamtheit als die Verkernung des Holzes bezeichnet. Im Wesentlichen besteht die Verkernung in einer Ablagerung von Harzen, Holzgummi, Gerbstoffen oder irgend welchen Farbstoffen in den Wandungen sowohl als in den Hohlräumen der Zellen und Gefässe. Das durch die Einlagerung gebildete Kernholz ist meistens bedeutend dunkler, schwerer und fester als die nicht

verkernte äussere Zone des Holzkörpers, welche als Splintholz bezeichnet wird; es ist durch die Einlagerung für die Emporleitung des Wassers untauglich gemacht, gewinnt aber für die mechanische Festigkeit des Holzstammes an Bedeutung. Neben der Verkernung tritt in dem älteren Holz vieler Bäume und Sträucher häufig noch eine andere sekundäre Erscheinung auf, welche als Tyllenbildung bezeichnet wird. Die Tyllenbildung besteht darin, dass die Schliesshäute einzelner Tüpfel zwischen



Figur 172.

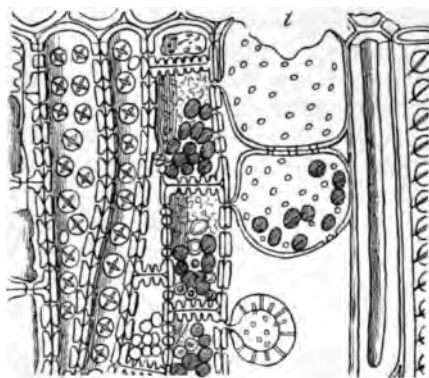
Ranke von *Bryonia dioica*,
welche eine Stütze ergriffen
hat. (Nach Sachs.)

den Gefässen und den angrenzenden Holzparenchymzellen sich in den Hohlraum der Gefässe hinein vorwölben und zu blasenartigen Ausstülpungen, den Tyllen, heranwachsen, in welche der Zellinhalt der Parenchymzellen hineinreicht. Der Hohlraum der Gefässe wird endlich oft ganz von den Tyllen erfüllt (Fig. 173).

Das Wachstum des Gesamtorganismus. — Die Periodicität, welche wir in dem Wachstum der Zelle und der einzelnen Pflanzenorgane kennen gelernt haben, spiegelt sich im Grossen und Ganzen auch in der Lebensgeschichte des ganzen Pflanzenindividuums wieder.

Betrachten wir zunächst eine einjährige Pflanze. Die Anlage des jungen Pflänzchens in dem von der Mutterpflanze gebildeten Samen besteht ganz aus embryonalem Gewebe. Sie hat in den sie umgebenden Gewebeschichten des Samens oder in den Zellen ihrer ersten Blätter, den Cotyledonen einen Vorrath von Nährstoffen mitbekommen, die für die ersten bei der Keimung eingeleiteten Wachstumsprozesse das Material liefern. Mit der Keimung tritt die Pflanze in die Phase der Streckung, des vegetativen Wachstums ein. Ein anfangs langsames, allmählich schneller werdendes Wachstum beginnt, durch welches die Pflanze die für sie charakteristische Form und Grösse erlangt. Gegen das Ende der Vegetationszeit wird der Zuwachs allmählich wieder geringer, bis er endlich ganz aufhört, so dass alle Kräfte und Stoffe für die Frucht- und Samenbildung zur Verfügung stehen. An der erwachsenen einjährigen Pflanze lässt sich häufig aus der Grösse und Vertheilung der seitlichen Glieder noch nachträglich der geschilderte Gang der Entwicklung ersehen. Am untern Ende sind die Blätter klein, die Internodien kurz, weiter oben folgt eine Region mit grossen Laubblättern, welche durch lange Internodien getrennt sind, und zum Gipfel hin nimmt die Blattgrösse und die Länge der Internodien wieder schrittweise ab.

Wir dürfen uns den Verlauf des Wachstums der einjährigen Pflanze nun freilich nicht so vorstellen, als ob von der Keimung bis zu der Periode kräftigsten Wachstums eine continuirliche Steigerung der Zuwachsgrösse und von dort bis zum Aufhören des Wachstums eine beständige Verminderung derselben stattfände. Der Einfluss der äussern Umstände, besonders der Wechsel von Tag und Nacht, bewirkt vielmehr, dass das Wachstum unausgesetzt schwankt. Die Kurve, durch welche wir uns die Periodicität des Wachstums versinnlichen können, stellt also nicht eine einfache nach oben gekrümmte Bogenlinie dar, sondern eine vielfach gewellte Linie, deren höchste Erhebung über die Abscissenachse dem Wachstumsmaximum der grossen Periode entspricht. Die durch die

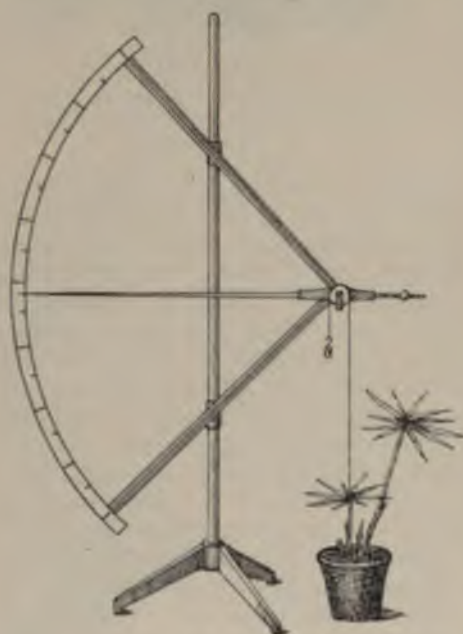


Figur 173.

Längsschnitt aus dem Holz der Eiche. † Hohlraum eines Gefässes mit Tyllenbildung.
(Nach Hartig.)

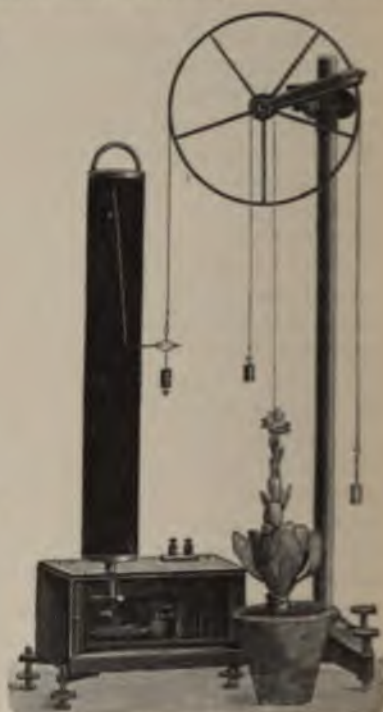
Wellung angedeuteten sekundären Maxima und Minima entsprechen Wachstumsschwankungen, welche sich innerhalb eines Tages abspielen. Man bezeichnet den Verlauf derselben als die Tagesperiode des Wachstums. Für die mehrjährigen Gewächse kommt in dem Gesamtverlauf des Wachstums noch der Einfluss der Jahreszeiten hinzu, der sich gleichfalls in periodischer Steigerung und Verminderung der Zuwachsgrösse geltend macht.

Wir haben in dem auf Seite 184 beschriebenen Versuch mit der Bohnenwurzel, welche in gleichen Abständen mit Tuschmarken versehen worden war, eine Methode kennen gelernt, welche uns gestattet, über den



Figur 174.

Zeiger am Bogen. Erklärung im Text auf Seite 190.



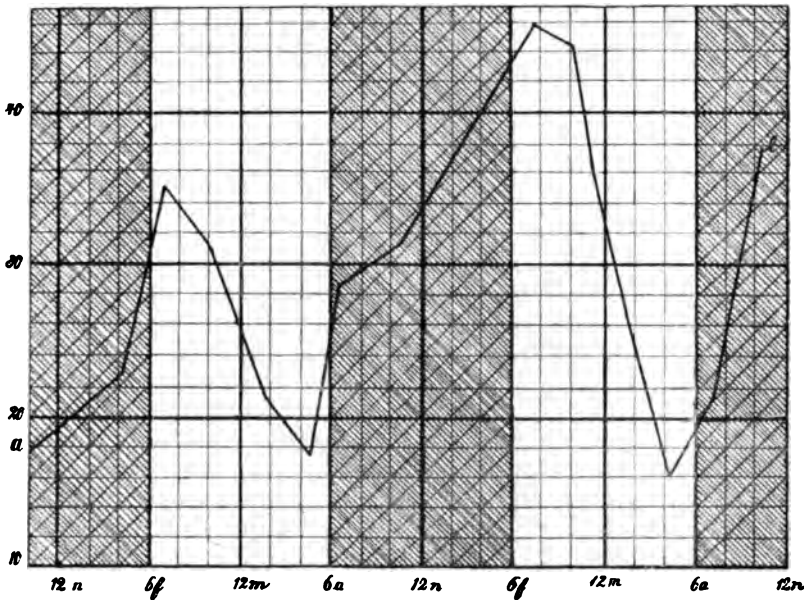
Figur 175.

Auxanometer. Erklärung im Text auf Seite 191.

Verlauf der Streckung in den einzelnen Querscheiben eines Organs Aufschluss zu gewinnen. Wollen wir den Verlauf der Zuwachsbewegung eines ganzen Pflanzentheiles beobachten, so können wir uns dazu eines von Sachs construirten Apparates, des Zeigers am Bogen bedienen, welcher in Figur 174 abgebildet ist. An einem festen Eisenstativ ist ein graduirter Kreisbogen mit grossem Radius befestigt, über welchem ein um den zugehörigen Kreismittelpunkt drehbarer Zeiger spielt. Der letztere ist leicht beweglich und mit einem Gegengewicht versehen, so dass sein Schwerpunkt in die Drehungsachse fällt und der Zeiger sich also in jeder

Lage im Gleichgewicht befindet. Auf der Achse des Zeigers ist eine Rolle mit geringem Durchmesser befestigt. Um einen Versuch mit dem Apparat anzustellen, setzen wir eine Pflanze, deren Organe im Wachsthum begriffen sind, unter die Achse des Zeigers. Ein Faden, welcher mittelst einer Schlinge am Gipfel eines Sprosses befestigt ist, wird über die Rolle geleitet und durch ein daran gehängtes Gewichtchen gespannt. Die Zuwachsbewegung des Sprosses wird nun durch den Faden auf die Rolle übertragen und durch die Spitze des Zeigers vielfach vergrößert an dem Kreisbogen angezeigt.

Wenn man den Apparat vor Erschütterungen bewahrt und einen Faden verwendet, der nicht zu sehr durch den wechselnden Feuchtigkeits-



Figur 176.

Zuwachsbewegungen des Stengels einer *Dahlia variabilis*, während zweier Tage. (Nach Sachs.)
Erklärung im Text auf Seite 192.

gehalt der Luft beeinflusst wird, so kann man mit Hülfe des Zeigers am Bogen hinreichend genaue Beobachtungen machen. Für genauere Untersuchungen hat man feinere, selbstregistrierende Apparate construiert, welche als Auxanometer bezeichnet werden. Im Prinzip stimmen dieselben mit dem Zeiger am Bogen überein. Bei dem in Figur 175 abgebildeten Auxanometer*) wird die Zuwachsbewegung der Pflanze mittelst eines Fadens auf eine Rolle übertragen. Eine an derselben Achse befestigte Rolle mit bedeutend grösserem Radius gibt an ihrem Umfange die Bewegung stark vergrößert wieder und theilt sie einem Zeiger mit, welcher

*) Der Apparat wird von dem Universitätsmechaniker Albrecht in Tübingen gefertigt.

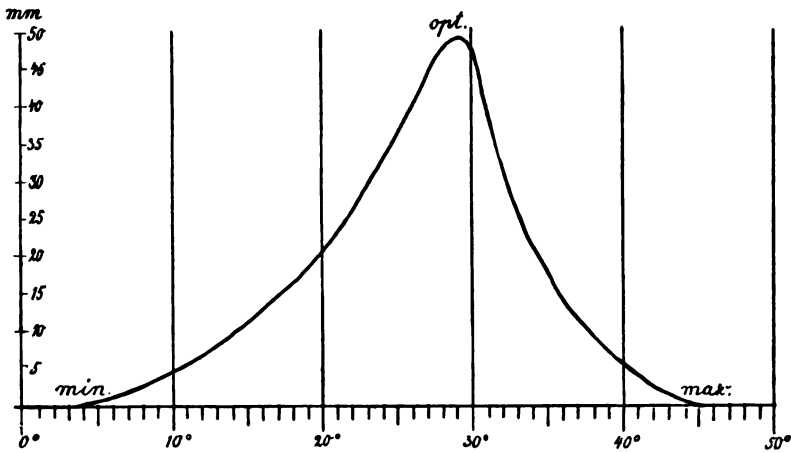
an einem um die Rolle geschlungenen Faden befestigt ist. Der Zeiger zeichnet dann den Gang der Bewegung auf einem berussten Cylinder auf, welcher durch ein Uhrwerk von Stunde zu Stunde um ein kleines Stück seines Umfanges gedreht wird. Durch einen solchen Apparat wird also der Wachstumsverlauf selbstthätig registriert, und man kann am Ende des Versuchs den Zuwachs in den einzelnen Zeitabschnitten genau vergleichen.

Wir wollen zunächst die mit einem der vorstehend geschilderten Apparate gewonnenen Resultate benutzen, um den Verlauf der Tagesperiode in einem concreten Fall kennen zu lernen. In Figur 176 ist eine auf rechtwinklige Coordinaten bezogene Curve gezeichnet, welche den Verlauf des Längenwachstums eines Sprosses von *Dahlia variabilis* während zweier Tage darstellt. Als Abscissen sind die Tagesstunden aufgetragen, die Theile des Systems, welche den Nachtstunden von 6 Uhr abends bis 6 Uhr früh entsprechen, sind schraffirt. Die Curve wurde in der Weise construirt, dass jedesmal der dreistündige Zuwachs mit dem Zeiger am Bogen bestimmt und in vierundzwanzigfacher Vergrößerung als Ordinate für die betreffende Tagesstunde eingetragen wurde. Wir sehen aus dem Verlauf der Curve ohne Weiteres, dass sich das Wachstum während der Nacht steigert, bis es in den frühen Morgenstunden sein Maximum erreicht. Dann nimmt tagsüber die Wachstumsgeschwindigkeit wieder ab. Am Nachmittag wird das Minimum erreicht, mit der beginnenden Dämmerung tritt wieder eine Steigerung ein.

In ähnlicher Weise wie in dem vorliegenden Beispiel verläuft das Wachstum bei den meisten Pflanzen. Die Lage des Maximum und Minimum kann nach der Eigenart der Pflanze wohl zeitlich verschoben sein, auch die Grösse des Zuwachses und die Amplitude der täglichen Wachstumsschwankung können erheblich verschieden sein, im Allgemeinen aber wird während der Nacht die Zuwachsbewegung beschleunigt, während des Tages tritt eine Verzögerung derselben ein. Die Allgemeinheit, mit welcher diese tägliche Wachstumsschwankung bei den Gewächsen sich geltend macht, berechtigt zu dem Schluss, dass die Tagesperiode des Wachstums als das Resultat eines direkten Einflusses der äusseren Umstände anzusehen ist. Tag und Nacht sind aber nicht einfache Faktoren, sondern ganze Complexe wechselnder äusserer Umstände. Mit der Beleuchtung können auch die Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft wechseln und ihren veränderten Einfluss auf das Wachstum geltend machen. Wir haben also, um das Wesen der Wachstumsperioden eingehender zu erforschen, den Einfluss jedes einzelnen dieser Faktoren für sich allein zu studiren, wozu wieder die für Wachstumsmessungen construirten Apparate als Hilfsmittel dienen müssen.

Was zunächst den Einfluss der Temperatur auf den Verlauf des Längenwachstums der Pflanzen anbetrifft, so haben zahlreiche exakte Untersuchungen ergeben, dass ganz allgemein die Steigerung der Wärme innerhalb gewisser für die einzelnen Pflanzen individuell verschiedener Grenzen eine stetige Zunahme des Wachstums zur Folge hat, dass aber nach Ueberschreitung des Temperaturoptimums die Zuwachsgrösse wieder stetig abnimmt, bis bei einer gewissen Temperatur das Wachstum

gänzlich erlischt. Die in Figur 177 dargestellte Curve, welche den Einfluss verschiedener Temperaturgrade auf das Längenwachstum der Wurzel von *Pisum sativum* darstellt, kann als Beispiel für diese Thatsache gelten. Für die Beeinflussung des Wachstums durch das Licht lässt sich kein allgemein giltiges Gesetz auffinden. Es gibt Pflanzen, für deren Wachstum das Licht ohne jeden Einfluss ist, bei der Mehrzahl der Gewächse aber vermindert sich das Wachstum in der Helligkeit, während die Verdunkelung, auch wenn alle übrigen äusseren Umstände constant erhalten werden, eine Beschleunigung des Wachstums zur Folge hat. Man könnte versucht sein, den Einfluss des Lichtes auf den Verlauf des Längenwachstums der Pflanzen mit der Assimilation in Beziehung zu setzen, indessen ist die Wachstumsverzögerung durch Beleuchtung bei manchen chlorophyllfreien Pflanzen ebenso stark ausgeprägt als bei den



Figur 177.

Curve, welche das Längenwachstum der Wurzel von *Pisum sativum* in gleichen Zeiträumen unter dem Einfluss verschieden hoher Temperatur darstellt.

grünen Gewächsen. Der Wechsel des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft endlich beeinflusst hauptsächlich die Transpiration der Pflanzen und durch diese den Turgor der Zellen und die Menge des Imbibitionswassers, welche zu dem Wachstum der Zellen in Beziehung stehen. Im Allgemeinen äussert sich dieser Einfluss dadurch, dass bei Verminderung der Luftfeuchtigkeit eine Verlangsamung, bei Erhöhung derselben eine Beschleunigung des Längenwachstums der Sprosse erzielt wird.

Wenn nun auch feststeht, dass der mannichfache Wechsel der äusseren Umstände den Verlauf der Tagesperiode wesentlich beeinflusst, so darf nicht übersehen werden, dass auch unabhängig von äusseren Einflüssen aus inneren Ursachen unbekannter Art Schwankungen des Wachstums vor sich gehen, welche bei dem Zustandekommen der täglichen Periodicität mit betheiligte sind. Hält man Pflanzen, welche die Tagesperiode des Wachstums zeigen in constanter Dunkelheit, unter

gleichmässigen äussern Bedingungen, so verschwindet die Periodicität nicht, ihre Schwankungen, die Lagen des Maximums und Minimums werden aber zeitlich mehr und mehr gegen den Ablauf der Tageszeiten verschoben. Es erscheint daher fast so, als ob der Wechsel der äusseren Umstände, der äusserlich in Tag und Nacht zum Ausdruck kommt, hauptsächlich die zeitliche Dauer der einzelnen Wachsthumsschwankungen regulirt, während die Amplitude der Schwankungen wesentlich mit durch innere Ursachen bestimmt wird.

In gleicher Weise wie die täglichen Wachsthumsschwankungen ist auch die Jahresperiode der langlebigen Gewächse durch den Wechsel der äusseren Umstände beeinflusst. Die einheimischen Pflanzen machen während der Winterzeit eine Ruheperiode durch, während welcher das Wachsthum gänzlich unterbrochen wird. Der Umstand, dass die Ruheperiode auch dann eintritt, wenn wir eine solche Pflanze dem Einfluss der Winterkälte rechtzeitig entziehen, beweist, dass die Periodicität nicht einfach als eine direkte Folge des Einflusses der äusseren Umstände angesehen werden darf, sondern dass hier wie bei der Tagesperiode des Wachstums die Wirkung innerer Ursachen in ausschlaggebender Weise zur Geltung kommt.

5. Innere Ursachen für die Gestaltungsvorgänge beim Wachsthum.

Die Formgestaltung, welche die Pflanze durch das Wachsthum erlangt, wird im Grunde durch innere Ursachen erblicher Natur bestimmt, in jedem Falle entwickelt sich die Pflanze aus dem Samen zu einem Gebilde, das in allen Theilen nach Form und Funktion den Elternpflanzen ähnlich ist und in gleicher Weise Nachkommen von ähnlicher Ausbildung erzeugt. Wir sind nicht im Stande, die Wirkungsweise der innern Ursachen, auf denen die erbliche Aehnlichkeit in der Formbildung der einzelnen Pflanzenart beruht, mechanisch zu erklären; indess ist ein causales Verständniss der Erscheinung angebahnt durch die Erkennung der Thatsache, dass das befruchtete Ei, aus dem die neue Pflanze hervorgeht, einen Theil von der lebenden Substanz der Elternpflanzen darstellt. Diese Substanz vergrössert sich durch Wachsthum, das heisst, sie vermag von aussen her zugeführte Baustoffe in sich aufzunehmen, ohne dadurch ihre specifischen Eigenschaften zu ändern. Da nun alle Zellen des Pflanzenkörpers durch Zelltheilung aus der einen Eizelle hervorgegangen sind, so enthält auch jede derselben einen Theil des Keimplasmas, auf dessen Vorhandensein die Uebertragung der specifischen Formgestaltung von den Eltern auf die Nachkommen beruht.

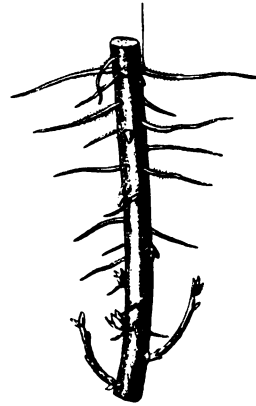
Durch die mit dem Keimplasma vererbten specifischen Eigenschaften ist indess gewissermassen nur der Grundplan für die Formgestaltung der sich entwickelnden Pflanze gegeben; der ganze Gang der Entwicklung und damit auch innerhalb gewisser Grenzen die als Endresultat erreichte Form der Pflanze und ihrer Organe stehen unter dem Einfluss der äusseren Lebensbedingungen. Wir können deshalb die inneren Wachstumsursachen

auch definieren als die ererbte Eigenschaft der Pflanzen, auf die äusseren Einflüsse in spezifischer, aus der Wirkung der äusseren Einflüsse mechanisch nicht erklärbarer Weise zu reagieren.

Im Folgenden sollen einige allgemeine Thatsachen, welche die Wirkungsweise der inneren Ursachen betreffen, erörtert werden.

Bei der Besprechung der Morphologie des Pflanzenkörpers haben wir bei den meisten Pflanzen eine gewisse **Polarität** im Körperbau, eine Gegensätzlichkeit zwischen Basis und Spitze des Pflanzenkörpers constatiren können. Diese Polarität ist auch im physiologischen Sinne in allen Organen der höheren Pflanzen und in jedem Bruchstück derselben vorhanden. Unabhängig von den äusseren Umständen wird bei der Entwicklung des Embryos allein durch die Lage, welche das Ei in dem Körper der Mutterpflanze hat, der Ort bestimmt, an welchem sich die Basis und Spitze, die Wurzel und der Spross ausbilden, und mit der Beziehung der seitlichen Organe zu ihrer Abstammungsachse ist für diese die Lage ihrer Basis und ihrer Spitze unwandelbar bestimmt. Wenn wir ein abgeschnittenes Stück von dem Spross einer höheren Pflanze, etwa von einem Weidenzweig, in feuchter Luft zum Austreiben bringen, so entwickeln sich zuerst an dem zur Spitze hin gekehrten Ende Seitensprossen, während an dem entgegengesetzten Ende Adventivwurzeln ausgebildet werden, gleichviel ob wir bei dem Versuch die organische Spitze des Zweigstückes nach aufwärts oder nach unten kehren. Es zeigt sich also, dass die Polarität nicht das Resultat eines direkten Einflusses der Schwerkraft ist, sondern dass eine innere erbliche Eigenschaft die Ursache der Erscheinung ist.

Zwischen der Wachstumsrichtung, Grösse und Gestalt und dem anatomischen Bau der einzelnen Organe des Pflanzenkörpers bestehen gewisse, durch innere Ursachen bedingte Beziehungen, welche als **Correlationen** bezeichnet werden. Bisweilen mögen ernährungsphysiologische Vorgänge die Erklärung für die Correlationserscheinungen bieten. So besteht z. B. ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Entwicklung der Laubkrone und des Wurzelsystems vieler Gewächse. Kann sich aus irgend welchen Gründen das Wurzelsystem nur schwach entwickeln, so gewinnt auch die Laubkrone nur geringe Ausdehnung, und umgekehrt veranlasst eine Beschränkung der Laubbildung durch äussere Umstände auch eine Schwächung des Wurzelvermögens. Zufuhr der Nährstoffe und Assimilation sind eben in gleicher Weise bei dem Zustandekommen einer kräftigen Ernährung betheilig. In den Inflorescenzen mancher Blütenpflanzen, z. B. vieler Borragineen, bleiben die zuletzt gebildeten Blütenanlagen unentwickelt, alle verfügbaren Baustoffe werden für die Entwicklung der ersten Blüten und für die Ausbildung ihrer Früchte aufgebraucht. Werden aber die ersten Blütenanlagen frühzeitig



Figur 178.

Spross- und Wurzelbildung an einem in umgekehrter Lage aufgehängten Zweigstück der Weide. (Nach Hansen).

entfernt, so gelangen die späteren Anlagen, denen nunmehr die Baustoffe zuströmen, zur Entwicklung und Fruchtbildung.

Ein ähnliches Verhältniss, wie hier zwischen den verschiedenen alten Blütenanlagen, besteht auch zwischen den Achselknospen an den Trieben der Laubbäume. Im Allgemeinen sind die an dem Spitzenende der Triebe gelegenen Achselknospen in der Ernährung bevorzugt, nur sie gelangen im normalen Verlauf des Wachstums zum Austreiben, während die weiter rückwärts stehenden Knospen unentwickelt bleiben. Entfernt man vor dem Austreiben der Knospen durch Beschneiden die Triebspitzen mit den bevorzugten Knospen, so werden die rückwärtsliegenden Knospen zum Austreiben gebracht und selbst schlafende Augen, welche schon Jahre lang im Ruhezustand verharret haben, können auf diese Weise noch zur Entwicklung gebracht werden, ein Umstand, der für den Gärtner bei der Erziehung von Formbäumen und Spalierbäumen grosse Bedeutung hat. Offenbar werden beim Beschneiden der Bäume durch die Beseitigung der concurrirenden bevorzugten Knospen die vorhandenen Bildungsstoffe für die ruhenden Knospen disponibel, wodurch die Entwicklung der letzteren ermöglicht und veranlasst wird.

In vielen Fällen können indess, wie die folgenden Beispiele zeigen, Ernährungsverhältnisse allein nicht die Erklärung für die Correlationserscheinungen liefern. Wenn man den senkrecht stehenden Gipfeltrieb einer Fichte abschneidet, so wenden sich einer oder einige der unterhalb des Gipfels stehenden, horizontal gerichteten Seitentriebe senkrecht nach oben und nehmen die Eigenschaft von Haupttrieben an. Das Vorhandensein des Gipfeltriebes bildet also durch eine Verknüpfung unbekannter innerer Ursachen den Grund für die horizontale Stellung und dorsiventrale Ausbildung der Seitensprosse. Ein ähnliches Beispiel bietet die Kartoffelpflanze. An der Basis des Laubsprosses derselben entspringen Ausläufer, welche normaler Weise an ihrer Spitze zu stärkereichen Knollen anschwellen. Schneidet man aber frühzeitig den Laubtrieb fort, so unterbleibt die Knollenbildung an den Ausläufern; dieselben richten sich mit ihrer Spitze nach oben und werden zu Laubsprossen. Die Achselknospen, welche in den Blattachseln der Laubbäume stehen, entwickeln sich normaler Weise im ersten Jahre nicht; sie werden zu Winterknospen, deren erste Blätter als Knospenschuppen den inneren Theil der ganzen Anlage schützend umhüllen. Wird aber ein Spross im Frühjahr der Blätter beraubt, so gelangen die Achselknospen schon im selben Jahr zur Entfaltung, wobei auch die ersten Blätter, welche normal zu Knospenschuppen geworden wären, laubblattartig ausgebildet werden.

Die Zahl der Beispiele liesse sich leicht vermehren; das Gesagte wird genügen, das Wesen der Correlationserscheinungen zu demonstrieren. Unter dem beständig fortwirkenden Einfluss der Correlationen gewinnt die wachsende Pflanze ihre normale Gestalt, deshalb treten die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Organen des Pflanzenkörpers gewöhnlich nicht deutlich hervor; es ist gewissermassen stets ein Gleichgewichtszustand bezüglich der gegenseitigen Beeinflussung der Organe vorhanden. Stört man aber durch einen operativen Eingriff das bestehende Verhältniss, so werden unter dem Einfluss der Correlationen Wachsthumsvorgänge

veranlasst, die zur Wiederherstellung des Gleichgewichtszustandes führen. Die durch den Eingriff herbeigeführte Veränderung des Zustandes wirkt dabei nur als auslösender Reiz, die darauf erfolgenden Wachstumsvorgänge werden durch den gegebenen Anstoss in keiner Weise ursächlich erklärt.

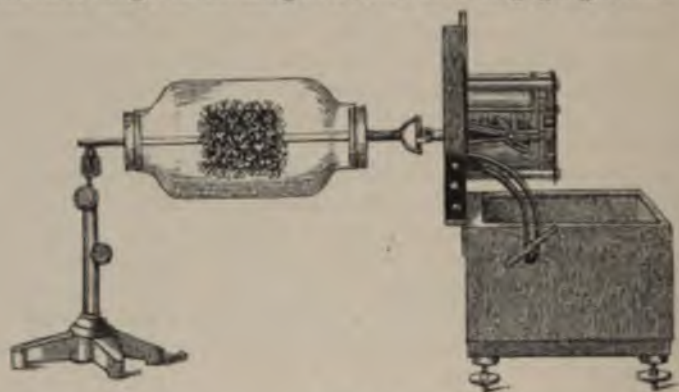
Neben der Polarität und den Correlationen haben wir als beständig fortwirkende innere Ursachen, die die Gestaltungsvorgänge des Pflanzenkörpers beeinflussen, noch eine Reihe von specifischen, inneren Eigenschaften des Pflanzenkörpers kennen zu lernen, deren Wirksamkeit man gewöhnlich unter dem Namen der **Reizerscheinungen** zusammenfasst. Es handelt sich dabei um ein Spiel innerer Kräfte, durch welches die Wachstumsrichtung der Organe zu gewissen äusseren Umständen in eine bestimmte Beziehung gebracht wird. Wird diese Beziehung durch eine Veränderung der äusseren Umstände gestört, so erfolgen Wachstumsbewegungen, welche zu der Wiederherstellung des ursprünglichen Verhältnisses führen. Die äusseren Umstände sind auch hier beim Zustandekommen der Wachstumsvorgänge nur als auslösende Reize betheiligt. Derartige Reizerscheinungen zeigen sich sowohl an einzelligen als an vielzelligen Organismen, so dass also für dieselben nicht irgendwie in dem zelligen Bau der Organe eine mechanische Erklärung gefunden werden kann, vielmehr muss jede Reizerscheinung auf eine Lebensäusserung des Protoplasmas zurückgeführt werden. Bei mehrzelligen Organismen besteht die erste wahrnehmbare Veränderung, welche in Folge eines Reizes in dem Organ vor sich geht in einer Veränderung des Turgors. Die Spannungsdifferenz, welche dadurch in gegenüberliegenden Seiten des Organs hervorgerufen wird, führt zu Krümmungen des Organs, welche durch nachfolgendes Wachstum fixirt werden. Einige der hierher gehörenden Erscheinungen sollen im Folgenden kurz besprochen werden.

Der **Geotropismus** ist die Eigenschaft der Pflanzenorgane, sich zu der Richtung der Schwerkraft in eine bestimmte Lage zu stellen. Den einfachsten Ausdruck findet der Geotropismus darin, dass bei den meisten Pflanzen die Hauptwurzel mit der Richtung der Schwerkraft senkrecht abwärts, der Hauptspross gegen die Schwerkraft senkrecht aufwärts wächst. Andere Organe, wie die Seitenwurzeln und Seitensprosse und die Blätter, stellen sich schräg oder quer zu der Richtung der Schwerkraft. Man unterscheidet nach der Wachstumsrichtung, welche den Organen in Folge des Geotropismus zukommt, den positiven Geotropismus, welcher die Organe senkrecht abwärts richtet, den negativen Geotropismus, welcher das aufrechte Wachstum bedingt und den Transversalgeotropismus oder Diageotropismus, durch welchen die Organe mit ihrer Längsachse quer oder schief zu der Richtung der Schwerkraft orientirt werden.

Bringt man ein wachsendes Organ aus der Lage, welche ihm in Folge seines specifischen Geotropismus eigen ist, so krümmt sich dasselbe bis der fortwachsende Theil desselben die normale Wachstumsrichtung wieder erreicht hat. An der Keimpflanze der Bohne ist die Hauptwurzel positiv, der Spross negativ geotropisch. Befestigen wir eine solche Keimpflanze in horizontaler Lage, ohne im übrigen die Wachstumsbedingungen

zu ändern, so krümmt sich in kurzer Zeit die Wurzel senkrecht abwärts, der Sprosstheil senkrecht nach oben.

Dass in der That die Richtung der Schwerkraft es ist, welche den Anlass für die geotropischen Wachsthumskrümmungen gibt, lässt sich durch das Experiment mit Hülfe des Klinostaten erweisen (Fig. 179). Der Klinostat besteht der Hauptsache nach aus einem Uhrwerk, durch welches eine horizontale Achse in langsame, gleichmässige Umdrehung versetzt wird. Auf der Achse wird ein feuchter Torfwürfel befestigt, welcher mit Kressesamen besät ist. Um die Austrocknung der Samen zu verhindern, wird ein weiter Glascylinder über den Würfel geschoben und mit Korkscheiben an der Achse befestigt. Die Keimpflanzen, welche sich aus den schnell keimenden Samen entwickeln, sind der Wirkung der Schwerkraft entzogen. Da nämlich durch die Umdrehung alle Seiten der Pflänzchen ihre Lage zur Richtung der Schwerkraft continuirlich ändern und jede augenblickliche Lage nach einiger Zeit in die entgegengesetzte übergeht,



Figur 179.

Klinostat mit Kressekeimlingen. Erklärung im Text auf Seite. 198.

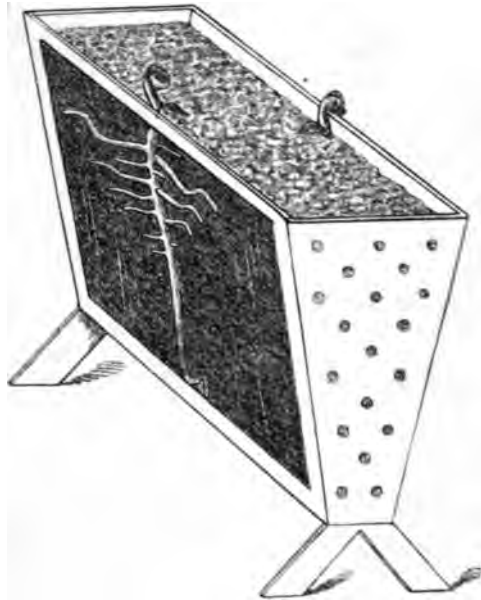
so heben sich die zeitweiligen Wirkungen der Schwerkraft auf den Organismus gegenseitig auf. In der That wachsen die Wurzeln und die Sprosse der Kressepflänzchen auf dem Torfwürfel, wenn man anderweitige die Richtung beeinflussende Einwirkungen vermeidet, nach jeder beliebigen Richtung, wie sie ihnen durch die zufällige Lage des Samenkorns gegeben war.

Den Transversalgeotropismus können wir am einfachsten an den Seitenwurzeln der Gefässpflanzen kennen lernen. Zur Anstellung von Versuchen dient ein Zinkkasten mit schrägen Glaswänden, wie er in Fig. 180 dargestellt ist. Wir füllen den Kasten mit lockerer Gartenerde und pflanzen dicht an der Glaswand einen Samen von *Vicia Faba* und stellen den Apparat, um den Einfluss des Lichtes auszuschliessen, in's Dunkle. In Folge des positiven Geotropismus, wächst die Hauptwurzel der Keimpflanze der schwach geneigten Glasfläche angeschmiegt, gerade nach abwärts. Von den entstehenden Seitenwurzeln sind einige gleichfalls an der Glaswand sichtbar. Dieselben richten sich in Folge ihres spezifischen

Geotropismus seitlich, so dass sie mit der Hauptwurzel einen Winkel von etwa 70 bis 80 Grad bilden. Kehren wir nach einiger Zeit den Zinkkasten um, so dass die Hauptwurzel mit ihrer Spitze nach oben gerichtet ist, so krümmen sich zugleich mit der Hauptwurzel, welche sich senkrecht abwärts wendet, auch die Seitenwurzeln und bringen ihre fortwachsende Spitze wieder in dieselbe Richtung zum Horizont, welche sie vor der Umkehrung hatte. Bei wiederholter Umkehrung wird durch nochmalige Krümmung die ursprüngliche Wachstumsrichtung wieder eingenommen.

Als **Heliotropismus** bezeichnet man die Fähigkeit der Pflanzen, ihre Organe zu der Richtung des Lichtes in eine bestimmte Lage zu bringen.

Wir unterscheiden auch hier einen positiven Heliotropismus, welcher bewirkt, dass die Organe zum Licht hin wachsen, den negativen Heliotropismus, durch welchen die Organe veranlasst werden sich vom Licht fort zu wenden und den Transversalheliotropismus, kraft dessen die Organe eine seitliche Lage zu der Richtung der Lichtstrahlen einnehmen. Lässt man eine Keimpflanze vom weissen Senf mit der Wurzel in Wasser wachsen und stellt dieselbe so auf, dass sie nur von einer Seite vom Tageslicht getroffen wird, so krümmt sich der wachsende Sprossgipfel dem Lichte zu, während die fortwachsende Wurzelspitze sich direkt vom Lichte fortwendet (Fig. 181). Es zeigt sich also, dass der Spross positiv, die Wurzel negativ heliotropisch ist. Auf positivem Heliotropismus beruht ebenso die an Zimmerpflanzen häufig zu beob-



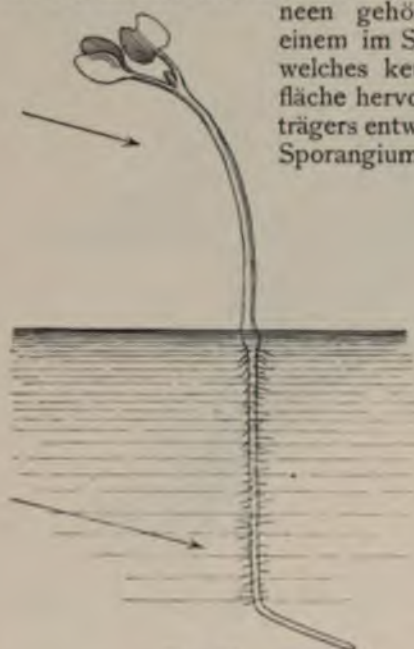
Figur 180.

Apparat nach Sachs zur Demonstration des Diageotropismus der Nebenwurzeln von *Vicia Faba*.
Erklärung im Text auf Seite 198.

achtende Erscheinung, dass alle Sprossgipfel dem Fenster zugekehrt sind. Die Blätter der meisten Pflanzen zeigen Transversalheliotropismus, sie richten ihre Blattfläche so, dass dieselbe von den Lichtstrahlen annähernd senkrecht getroffen werden. In Folge dessen finden wir meistens an Zimmerpflanzen alle Blattflächen schräg zum Fenster hingewendet. Drehen wir eine solche Pflanze um, so dass die Blattoberseiten vom Lichte abgewendet sind, so wird durch energische Krümmungen des Blattstiels die vorige Lage der Blattfläche zum Lichte meist schon in kurzer Zeit wieder eingenommen.

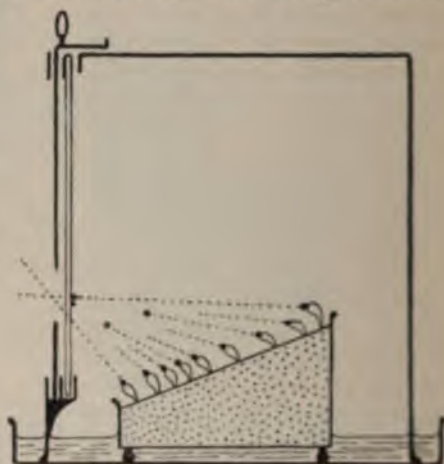
Um den Heliotropismus einzelliger Gebilde zu demonstrieren, bedienen wir uns eines von Noll vorgeschlagenen Apparates, dessen Durchschnitt

in Figur 182 dargestellt ist. Auf einem viereckigen Zinkteller steht ein würfelförmiger unten offener Kasten. Die eine Seitenwand wird von einer Glasscheibe gebildet, die übrigen Theile sind aus Zinkblech gefertigt und innen geschwärzt. Vor der Glaswand ist ein Schieber aus Zinkblech angebracht, welcher in der Mitte eine kreisrunde Oeffnung von 2—3 cm Durchmesser besitzt. Wenn der Schieber geschlossen ist, so kann nur durch die runde Oeffnung Licht in das Innere des Kastens gelangen. In dem Kasten ist ein kleiner, schräger Zinkbehälter aufgestellt, der mit Pferdedünger gefüllt ist. Unter den Pilzen, welche sich nach kurzer Zeit spontan auf diesem Nährboden einfinden, ist regelmässig auch der zu den Mucorineen gehörige *Pilobolus*. Derselbe besteht aus einem im Substrat vertheilten fadenförmigen Mycel, welches keulenförmige Fruchträger an der Oberfläche hervortreten lässt. Auf dem Gipfel des Fruchträgers entwickelt sich ein rundliches, dunkelgefärbtes Sporangium, welches bei der Reife fortgeschleudert



Figur 181.

Keimpflanze vom weissen Senf, *Sinapis alba*, bei einseitiger Beleuchtung. Die Sprossachse zeigt positiven die Wurzel negativen Heliotropismus. Die Pfeile deuten die Richtung des einfallenden Lichtes an (nach Sachs).



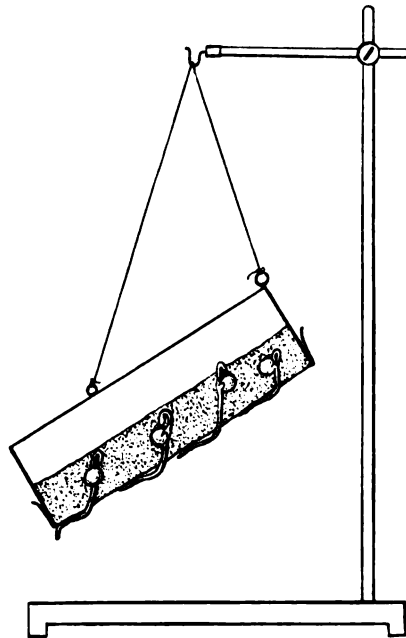
Figur 182.

Apparat zum Nachweis des positiven Heliotropismus der Fruchträger von *Pilobolus* (nach Noll). Erklärung im Text auf Seite 200.

wird und mit seiner klebrigen Oberfläche an benachbarten Gegenständen hängen bleibt. Die Fruchträger des *Pilobolus* sind stark heliotropisch, sie wenden sich in dem Zinkkasten alle mit der Spitze nach der Lichtöffnung in dem Schieber hin. Die Sporangien werden bei der Reife in Folge dessen alle nach der gleichen Richtung hin geschleudert und kleben massenhaft an dem vor der Lichtöffnung liegenden Theil der Glasplatte, während der verdunkelte Theil der Glasplatte ganz frei bleibt.

Geotropismus und Heliotropismus sind im Pflanzenreich weit verbreitet, weniger auffällig tritt uns die Erscheinung entgegen, welche als

Hydrotropismus bezeichnet wird. Sie besteht darin, dass Pflanzentheile, in deren Umgebung die Feuchtigkeit ungleichmässig vertheilt ist, sich von trockenen Stellen zu feuchteren hinkrümmen oder umgekehrt von den feuchteren fortwachsen. In einen weiten Ring aus Zinkblech, welcher an einer Seite mit weitmaschigem Tüll überbunden ist, füllen wir feuchtes Sägemehl ein und hängen den Apparat schief gegen den Horizont auf. Erbsen, welche in dem Sägemehl zur Keimung gebracht werden, richten in Folge des Geotropismus ihre Keimwurzeln zunächst senkrecht abwärts. Sobald aber die Wurzeln mit ihrer Spitze durch die Maschen des Tüllüberzuges nach aussen wachsen, wirkt ausser der Schwerkraft auch die ungleichmässige Vertheilung der Feuchtigkeit auf sie ein und veranlasst sie, sich nach der feuchten Oberfläche der Sägespäähne hin zu krümmen und denselben angeschmiegt weiter zu wachsen, wie es in der Figur 183 dargestellt ist. Die Wurzeln haben also positiven Hydrotropismus und werden dadurch in Stand gesetzt, günstigere Wachstumsbedingungen aufzusuchen. Negativer Hydrotropismus ist von Sachs an den Fruchtträgern von *Phycomyces* nachgewiesen worden. Dieser einzellige Schimmelpilz, welcher leicht zu cultiviren ist, entwickelt aus einem fadenförmigen Mycel schlanke, mehrere Centimeter hohe Fruchtträger, welche am oberen Ende ein kugelförmiges Sporangium tragen. Sporen des Pilzes werden auf einen feuchten Brotwürfel ausgesät. Um den sich schnell entwickelnden Pilz dem Einfluss des Lichtes und der Schwerkraft zu entziehen, wird der Brotwürfel im Finstern gehalten und vermittelst des Klinostaten um eine horizontale Achse gedreht. Der negative Hydrotropismus bewirkt dann, dass alle Fruchtträger des Pilzes direkt von der feuchten Oberfläche des Brotwürfels fortstrebend senkrecht aus den Flächen hervorstechen. Fruchtträger, welche zufällig auf einer Kante des Würfels hervortreten, stellen sich so, dass sie mit den benachbarten Oberflächen annähernd gleiche Winkel bilden.



Figur 183.

Apparat zum Nachweis des Hydrotropismus der Wurzeln von *Pisum*. Erklärung im Text auf Seite 201.

Die Reihe der Reizerscheinungen, welche für die Formgestaltung der wachsenden Pflanze von Einfluss sind, ist mit den bisher geschilderten nicht erschöpft. Man hat neben dem Einfluss der Schwerkraft des Lichtes und der Feuchtigkeit noch eine Beeinflussung der Wachstumsrichtung durch ungleiche Erwärmung und durch ungleichmässige Vertheilung von Nährstoffen oder sonstigen chemischen Substanzen in der Umgebung

wachsender Organe nachgewiesen. Diese Erscheinungen, die man als Thermotropismus beziehungsweise als Chemotropismus bezeichnet, besitzen indes gegenüber den vorhin besprochenen Reizerscheinungen untergeordnete Bedeutung für die Formgestaltung des Pflanzenkörpers; wir müssen uns hier mit dem blossen Hinweis auf ihr Vorhandensein begnügen.

6. Das Bewegungsvermögen.

Bisweilen wird als Unterschied zwischen Thierreich und Pflanzenreich angegeben, dass die Thiere Bewegungsvermögen besitzen, während die Pflanzen sich nicht aus eigener Kraft bewegen können. Wir haben im vorigen Abschnitt eine Reihe von Bewegungsvorgängen kennen gelernt, welche sich in Folge des Wachstums am Pflanzenkörper vollziehen können, die geotropischen, heliotropischen, hydrotropischen Krümmungen, das Einrollen der Ranken und anderes mehr; und eigentlich ist ja mit jedem Wachstum, insofern dasselbe ein Vorrücken der Spitze oder des Umfanges des wachsenden Organes bewirkt, eine Bewegung verbunden. In der Thierphysiologie pflegt man freilich die durch reine Wachsthumsvorgänge veranlassten Streckungen, Krümmungen und Umlagerungen der Körpertheile nicht als Ausdruck des Bewegungsvermögens zu bezeichnen, sondern man versteht darunter nur vorübergehende Veränderungen der Organe, welche sich, unabhängig vom Wachstum, aus innerer Kraft des Organismus abspielen. Derartige Bewegungserscheinungen fehlen, wie im Folgenden gezeigt werden soll, auch im Pflanzenreiche nicht.

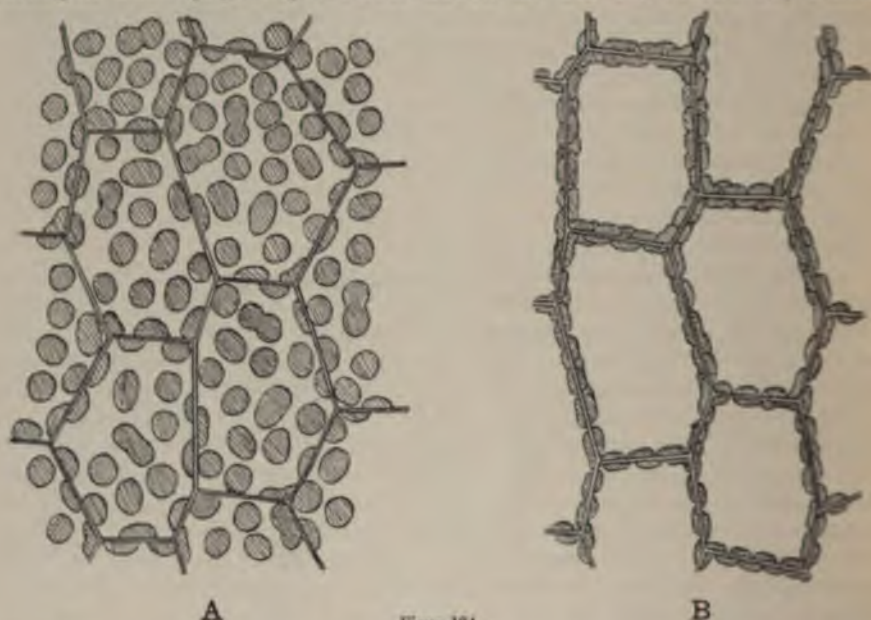
Freie Ortsbewegung. — Die meisten Pflanzen sind an den Standort, welchen sie bei der Keimung erlangt haben, dauernd gebunden, nur bei einigen niederen Pflanzen, welche im Wasser oder in anderen flüssigen Substraten leben, treffen wir Ortsbewegung an, welche sich von der Beweglichkeit gewisser niederer Thiere nicht unterscheiden lässt. Als Bewegungsorgane finden wir bei manchen Bakterien und niederen Algen, bei den Schwärmsporen vieler Algen und einzelner Pilze, sowie bei den beweglichen Sexualzellen der meisten Kryptogamen Geisselfäden oder Cilien vor, welche in Ein- oder Mehrzahl an der Zelle vorhanden sind und durch die Lebensäusserung des Protoplasmas in schwingende Bewegung versetzt werden. Bei einigen beweglichen Organismen sind besondere Bewegungsorgane nicht bekannt; dahin gehören die Kieselalgen oder Diatomeen, welche im Wasser an der Oberfläche fester Gegenstände in der Richtung der Längsachse ihres Körpers hinzugleiten vermögen oder sich frei im Wasser schwimmend fortbewegen. Auch den Desmidiaceen und manchen blaugrünen Fadenalgen kommt freie Ortsbewegung zu, über deren Mechanik die Wissenschaft vorderhand keinen genügenden Aufschluss zu geben vermag. Von den Pflanzen, welche feste Substrate bewohnen, zeigen nur die Schleimpilze oder Myxomyceten freie Ortsbewegung. Der als Plasmodium bezeichnete Vegetationskörper dieser Pflanzen besteht aus einer nackten Protoplasma, welche in faulendem Holz, zwischen modernsten Laubblättern, in Gerberlohe oder in ähnlichen lockeren Substraten lebt. Die Theile des Protoplasmas verschieben sich fortgesetzt gegen einander, es werden pseudopodienartige

Fortsätze ausgestreckt und eingezogen, die Pseudopodien vereinigen sich netzartig oder fließen zu grösseren Plasmaansammlungen ineinander, und indem die Körpermasse durch die Pseudopodienstränge von einem Ort zum anderen strömt, bewegt sich der ganze Organismus gleichsam kriechend in oder auf dem Substrat fort.

Die Richtung, in welcher die freie Ortsbewegung pflanzlicher Organismen sich vollzieht, ist häufig von äusseren Einflüssen abhängig. Die Richtung des einfallenden Lichtes, die Wärmevertheilung, die Concentrationsverhältnisse der Nährstoffe oder anderer chemischen Substanzen, die Sauerstoffzufuhr und anderes mehr können einen Reiz auf das Protoplasma ausüben, durch welchen die Bewegungsrichtung und Schnelligkeit bestimmt wird. Man bezeichnet, wie bei den Wachstumsbewegungen die Reizerscheinungen beziehungsweise als Heliotropismus, Thermotropismus und Chemotropismus. Für die in festen Substraten lebenden Plasmodien der Myxomyceten kommt noch der durch die ungleiche Vertheilung der Feuchtigkeit bedingte Hydrotropismus hinzu und der Rheotropismus, welcher in der merkwürdigen Thatsache zum Ausdruck kommt, dass die Plasmodien auf einem Substrat, dessen capillare Hohlräume von einem continuirlichen Wasserstrom durchzogen werden, stets gegen die Richtung des strömenden Wassers sich fortbewegen.

Die Bewegung des Zellenplasmas. — In dem lebenden Protoplasma der Zellenpflanzen finden fortgesetzt chemische und physikalische Prozesse statt, welche molekulare Umlagerungen und Bewegungserscheinungen zur Folge haben müssen. In den meisten Zellen entziehen sich diese molekularen Bewegungen für gewöhnlich der Beobachtung, in anderen dagegen resultirt aus ihnen eine sichtbare continuirliche Verschiebung der Plasmatheilchen gegen einander und gegen die Zellwand, welche als Protoplasmaströmung bezeichnet wird. Man unterscheidet die Circulation und Rotation als häufigste Bewegungsformen des Protoplasmas. Wir haben die morphologische Seite dieser Erscheinung in einem früheren Abschnitte des Buches (Seite 85) kennen gelernt. Für die Mechanik des Vorganges ist eine für alle Fälle ausreichende Erklärung bisher nicht gegeben worden. Die Protoplasmaströmung findet sich nur in solchen Zellen, deren Protoplasma eine oder mehrere Zellsaftvakuolen umschliesst. Der Umstand, dass die der Zellwand anliegende Hautschicht des Protoplasmas nicht an der Bewegung theilnimmt, lässt schliessen, dass die bewegenden Kräfte nicht von aussen her einwirken, sondern im Innern der Zelle selber ihren Sitz haben. Die Flüssigkeit der Vakuolen wird durch das strömende Protoplasma mit in die Bewegung hineingezogen und strömt, wenn auch verlangsamt, in derselben Richtung wie das letztere. Daraus ergibt sich, dass auch der Stoffaustausch zwischen Vakuolen und Protoplasma nicht als Bewegungsursache angesehen werden darf, dass vielmehr die bewegenden Kräfte im Innern des Körnchenplasmas zur Wirkung kommen. Auch in Zellen, deren Plasma normaler Weise keine Strömung zeigt, kann bisweilen durch äussere Eingriffe, durch mechanische Verletzung der benachbarten Zellen, durch Veränderung des Wassergehaltes u. a. m. lebhafte Bewegung hervorgerufen werden. Uebrigens sind auch in dem nicht strömenden Plasma zeitweilig

Bewegungen wahrnehmbar, welche in der Verschiebung der einzelnen Bestandtheile gegen einander bestehen; so finden z. B. bei der Kerntheilung, welche auf Seite 86 eingehender geschildert worden ist, eine Reihe von Umlagerungen statt, auch der Theilungsvorgang der Chlorophyllkörper bedingt ein Verrücken der Theile des Protoplasmas. Auf langsamer Bewegung des Protoplasmas beruht ferner die Lagenveränderung, welche die Chlorophyllkörper bei wechselnder Beleuchtung erfahren. Ein günstiges Objekt für die Beobachtung dieser Erscheinung bieten die grünen Zellen im Blatt des Laubmooses, *Funaria hygrometrica*. Unter günstigen Vegetationsbedingungen im diffusen Tageslichte sind die scheibenförmigen Chlorophyllkörper dieser Zellen an den zur Fläche des Blattes



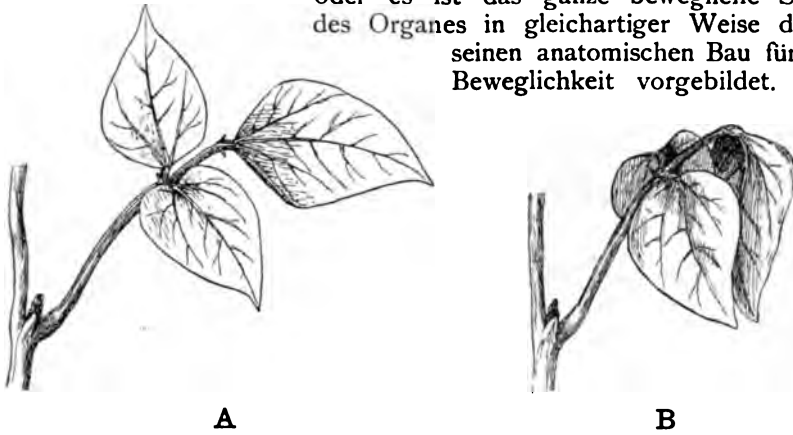
Figur 184.

Einige Zellen aus dem Blatt von *Funaria hygrometrica*. **A** zeigt die Chlorophyllkörper in der Tagesstellung, **B** zeigt die Stellung, welche die Chlorophyllkörper im Dunkeln und bei intensiver Beleuchtung annehmen.

parallelen Aussenwänden der Zellen angelagert, sie bieten also dem einfallenden Lichte die breite Fläche dar. Wenn aber das Laub von direktem Sonnenlicht getroffen wird, so nehmen die Chlorophyllscheiben die Profilstellung ein, d. h. sie werden durch die Bewegung des Protoplasmas von ihrem Platze fortgeführt und lagern sich an den Seitenwänden der Zellen, so dass sie mit dem schmalen Rande zur Lichtquelle hingekehrt sind. Bei Verdunkelung nehmen die Chlorophyllkörper gleichfalls nach einiger Zeit die Profilstellung an. Es ist leicht ersichtlich, dass die Pflanze in der Reizbarkeit ein Mittel hat, sich den verschiedenen Graden der Lichtintensität anzupassen. Eine ähnliche biologische Bedeutung hat die bei vielen Pflanzen beobachtete Formänderung der Chlorophyllkörper.

In den Pallisadenzellen des Assimilationsgewebes mancher Laubblätter stehen die Chlorophyllkörper immer in der Profilstellung. In diffusem Licht zieht sich aber jeder Chlorophyllkörper unter Verminderung seines Scheibendurchmessers mehr oder weniger halbkugelig zusammen, so dass seine Profilansicht an Fläche gewinnt, im direkten Sonnenlicht dagegen flacht er sich zu einer scharf randigen Scheibe ab.

Beugung und Streckung. — Die Krümmungsbewegungen, welche von Pflanzenorganen ausgeführt werden, sind in der Mehrzahl der Fälle durch ungleichseitiges Wachstum verursacht, wir haben in der Nutation, in der Krümmung der Ranken und in den geotropischen, heliotropischen, hydrotropischen Krümmungen derartige Erscheinungen früher kennen gelernt. Bei einer kleinen Anzahl von Gewächsen können indes die Organe, auch, ohne dass Wachstum erfolgt, Bewegungen ausführen. Wir finden dann meist scharf markierte, gelenkartige Bildungen an den Organen vor, oder es ist das ganze bewegliche Stück des Organes in gleichartiger Weise durch seinen anatomischen Bau für die Beweglichkeit vorgebildet. Die

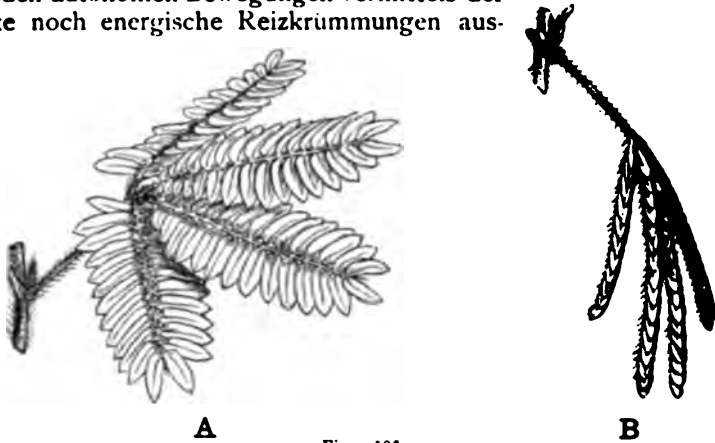


Figur 185.

Blatt von Phaseolus. **A** In Tagstellung, **B** in Schlafstellung.

Bewegung geht überall von dem Protoplasma der Zellen aus und beruht im Wesentlichen auf einer plötzlichen oder mehr allmählichen Turgoränderung und dadurch bedingten Verkürzung oder Verlängerung der gegenüberliegenden Seiten des sich krümmenden oder streckenden Organes. Da, wie früher erwähnt wurde, auch bei den Wachstumskrümmungen der Eintritt der Krümmung von einer Turgorschwankung begleitet ist, so ist ein prinzipieller Unterschied zwischen den beiden Erscheinungen nicht vorhanden; während aber bei den Wachstumskrümmungen die in Folge der Turgoränderung entstehende Krümmung durch Wachstum fixiert wird, kehren bei den Gelenkbewegungen die Organe allmählich wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurück. Wir können spontane Bewegungen und Reizbewegungen unterscheiden. Die Ersteren erfolgen unabhängig von äusseren Einflüssen aus inneren Gründen, die Letzteren werden durch einen Reiz von aussen her ausgelöst und beeinflusst. Unter den Wachstumsbewegungen zählt die Nutation der

Sprosse zu den spontanen Bewegungen, während die Krümmung der Ranken, die geotropischen, heliotropischen, hydrotropischen Krümmungen, Reizbewegungen darstellen. Unter den Gelenkbewegungen finden wir ein auffälliges Beispiel für spontane Bewegung an den Blättchen eines zu den Papilionaceen gehörigen Halbstrauches Südasiens, *Desmodium gyrans*. Das Blatt der Pflanze besitzt ein einziges Paar kleiner seitlicher Fiederblättchen und ein bedeutend grösseres lanzettliches Endblättchen. Alle drei Blättchen, besonders aber die seitlichen, bewegen sich, wenn sich die Pflanze unter günstigen Lebensbedingungen befindet, ruckweise auf und ab, so dass ihre Spitze in wenigen Minuten eine mehr oder minder gestreckte Ellipse beschreibt. Ähnliche spontane Bewegungen der mit Gelenken versehenen Blättchen finden wir, wenn auch weniger auffällig, bei den Oxalis- und Trifoliumarten, bei *Phascolus*, bei einigen Akazien, Mimosa und verwandten Pflanzen. Alle diese Gewächse können aber ausser den autonomen Bewegungen vermittlels der Gelenke noch energische Reizkrümmungen aus-



Figur 186.

Blatt von *Mimosa pudica*. **A** Im ungereizten Zustande, **B** in der Reizstellung.

führen. Sie sind empfindlich gegen Beleuchtungswechsel, und während im Tageslicht die Blätter annähernd horizontal ausgebreitet und der Beleuchtung dargeboten sind, nehmen dieselben bei Eintritt der Dunkelheit die Schlafstellung ein, d. h. die Blattflächen werden durch die Bewegung der Gelenke annähernd vertikal gestellt (Fig. 185).

Die biologische Bedeutung der Schlafstellung der Laubblätter ist darin zu suchen, dass die vertikal gerichteten und meist einander genäherten oder einander deckenden Blattflächen weniger Wärme durch Strahlung verlieren, als die frei ausgebreiteten. Man hat gefunden, dass derartige Blätter, wenn sie gewaltsam in der Tagesstellung festgehalten werden, in kühlen Nächten leichter beschädigt werden, als die in Schlafstellung befindlichen.

Manche der mit Gelenken versehenen Blätter zeigen ausserdem eine Empfindlichkeit gegen mechanische Erschütterungen. Besonders auffällig aussert sich diese Reizbarkeit bei *Mimosa pudica*. Die doppelt gefiederten

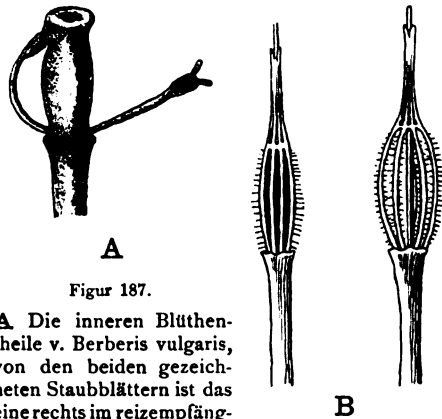
Blätter dieser Pflanze besitzen sowohl an der Basis des Hauptblattstieles, als auch an den Stielen der einzelnen Fiedern und der an diesen stehenden lanzettlichen Fiederblättchen Gelenkpolster, durch deren Beweglichkeit das ganze Blatt schon bei schwacher Erschütterung ziemlich plötzlich in die Reizstellung gebracht wird (Fig. 186). Es legen sich dabei in schneller Aufeinanderfolge die Fiederblättchen der einzelnen Fiedern nach oben hin paarweise mit ihren Oberflächen an einander, die Fiedern nähern sich und das ganze Blatt senkt sich nach abwärts. Ausser mechanischen Erschütterungen vermögen auch starke Erhitzung oder Abkühlung einer Blattstelle die Reizbewegung des Mimosablattes hervorzurufen. Nach einiger Zeit kehrt das Blatt in seine ursprüngliche Stellung zurück und ist auf's Neue für Reize empfänglich. Da die Reizbewegungen des Mimosablattes in ihrem ganzen Umfange eintreten, wenn auch nur eine kleine Stelle des Blattes, etwa ein einziges Fiederblättchen, energisch

gereizt wurde, so muss nothwendig eine Fortleitung des Reizes durch das Gewebe des Blattstieles und seiner Verzweigungen stattfinden. Häufig wird sogar der Reiz durch das Stengelgewebe auf die benachbarten Blätter übertragen, an denen sich dann die Reizbewegungen als von der Stielbasis ausgehend in umgekehrter Reihenfolge abspielen. Die biologische Bedeutung der hohen Empfindlichkeit des Mimosablattes beruht darin, dass die Pflanze in der Reizstellung gegen die Kraft aufschlagender Regentropfen geschützt ist.

An die plötzlichen Bewegungen des Mimosablattes schliessen sich in ihrer äusseren Erscheinung die Bewegungen der Insektivoren

Dionaea und *Aldrovandia* an, bei denen sich die beiden Hälften des ungetheilten Blattes in Folge mechanischer Erschütterung ruckweise nach oben hin aneinander legen. Es ist indess hier nicht eine besondere Partie des Blattes als Gelenk ausgebildet, sondern das Gewebe des Blattes ist in grösserem Umfange an dem Zustandekommen der Bewegung theilhaft. Dasselbe ist bei den auf chemische Reize reagirenden gestielten Drüsen der *Drosera*arten der Fall, deren Krümmung in einem viel langsameren Tempo erfolgt, als die Fangbewegungen der *Drosera* und *Aldrovandia*.

Endlich sind hier noch die bei einigen Pflanzen beobachteten Bewegungen gewisser Blüthentheile zu erwähnen, welche bei dem Zustandekommen der Befruchtung eine Rolle spielen. Die Staubfäden der Blüthe von *Berberis vulgaris* liegen im Zustand der Pollenreife den Kronblättern an, so dass die Antheren so weit als möglich von dem im Centrum der Blüthe stehenden Griffel entfernt sind. Berührt man den fadenförmigen



Figur 187.

A Die inneren Blüthentheile v. *Berberis vulgaris*, von den beiden gezeichneten Staubblättern ist das eine rechts im reizempfindlichen Zustande, das andere befindet sich in der Reizstellung. **B** Die inneren Blüthentheile von *Centaurea jacea* (nach Pfeffer). Die rechte Figur zeigt die Staubblätter im unge reizten Zustand, die linke in der Reizstellung.

Theil eines Staubblattes, so krümmt sich dasselbe sofort im Ruck nach innen herüber, so dass seine Anthere den Griffel berührt (Fig. 187 A). Wenn nach einiger Zeit die Bewegung langsam rückgängig gemacht worden ist, vermag ein neuer Reiz erneute Krümmung hervorzurufen. In der Blüthe der zu den Compositen gehörigen Cynareen sind fünf Staubblätter vorhanden, deren Antheren zu einer den Griffel umfassenden Röhre vereinigt sind. Die Filamente sind im ungereizten Zustande bogenförmig nach aussen gekrümmt. Findet Berührung statt, so verkürzen sich die Staubblätter sehr stark, wobei die Filamente sich dem Griffel nähern und die Antherenröhre nach abwärts ziehen (Fig. 187 B).

Auch am Gynäceum sind bisweilen Reizbewegungen zu beobachten, so klappen z. B. die Narbenlappen in der Blüthe von *Mimulus* bei leichter Berührung schnell zusammen und legen sich dicht aneinander an, so dass Insekten, welche die Blüthe besuchen, wohl den aus einer fremden Blüthe mitgebrachten Pollen an der inneren Narbenfläche abstreifen können, mit derselben aber nicht mehr in Berührung kommen, wenn sie auf's Neue mit Pollen beladen aus dem Schlunde der Blüthe zurückkehren.

Zweites Kapitel. Die Fortpflanzung.

Die Pflanzen besitzen eine sehr verschiedene Lebensdauer; bei den Blütenpflanzen unterscheidet man monokarpische oder hapaxanthische Arten, welche ihre vegetative Entwicklung mit der Blütenbildung abschliessen und nach der Ausbildung der Früchte zu Grunde gehen und polykarpische Arten, welche wiederholt blühen und Früchte tragen. Hapaxanthisch sind die Kräuter. Wenn dieselben ihren Entwicklungsgang innerhalb einer Vegetationsperiode durchlaufen, so bezeichnet man sie als einjährige oder annuelle Kräuter. Die zweijährigen oder biennen Kräuter entwickeln im ersten Jahre nur vegetative Organe, während Blüten und Früchte erst im Laufe des zweiten Jahres erscheinen. Nur wenige monokarpische Gewächse gebrauchen zu ihrer vollen Entwicklung bis zur Blüten- und Fruchtbildung mehr als zwei Jahre, ein Beispiel bietet die *Agave americana*, welche in ihrer Heimath oft 30 Jahre alt wird bevor sie blüht. Die in unseren Gärten kultivirten Exemplare gebrauchen noch viel längere Zeit, bevor sie zur Blüthe kommen.

Zu den polykarpischen Gewächsen, die man mit Bezug auf ihre Lebensdauer gegenüber den Annualen und Biennen auch wohl als Perennen bezeichnet, gehören Stauden, Sträucher und Bäume. Die Stauden entwickeln aus einem meist unterirdisch wachsenden Rhizom blüthentragende Sprosse, welche nach der Fruchtreife absterben. Das Rhizom aber lebt fort und entwickelt in jeder neuen Vegetationsperiode neue Blüthensprosse. Die Sträucher und Bäume erfahren alljährlich einen Zuwachs ihres Verzweigungssystemes, dessen jüngste Theile Blätter und Blüten tragen, während die älteren Theile durch einen Dickenzuwachs an Umfang und Festigkeit zunehmen.

Während bei den monokarpischen Pflanzen die Entwicklung des Samens die normale Veranlassung für das Absterben bildet, scheint bei den Bäumen, Sträuchern und Stauden in der Organisation des Körpers überhaupt keine natürliche Todesursache gegeben zu sein, so dass diesen Gewächsen eine unbegrenzte Lebensdauer zukommt, wenn nicht äussere Einflüsse eine Zerstörung des Lebens bewirken. In der That sind eine Reihe von Beispielen dafür bekannt, dass Bäume ein mehrtausendjähriges Alter erreichten. Bekannt ist der alte Lindenbaum bei Neustadt am Kocher, der schon im dreizehnten Jahrhundert als der grosse Baum an der Heerstrasse erwähnt wird. Als Beispiel höchsten Alters wird gewöhnlich der Affenbrodbaum, *Adansonia digitata*, in Senegambien angeführt, von dem einige noch lebenskräftige Exemplare bis zu 30 Meter im Stammumfang messen. Ihr Alter berechnet sich darnach auf 5000 bis 6000 Jahre. Derartige Beispiele stehen indess vereinzelt da; im Allgemeinen wird auch dem Lebensalter der polykarpischen Gewächse durch die Thätigkeit des Menschen und der Thiere, durch Pilze oder durch elementare Gewalten wie Blitzschlag, Sturm, Erdbeben, früher oder später eine Grenze gesteckt.

Unter den niederen Pflanzen giebt es gleichfalls neben langlebigen Formen solche, deren Entwicklungsgang von der Entstehung des Individuums bis zu seinem Tode sich in kurzen Zeiträumen abspielt. Manche Meeresalgen, wie *Laminaria* und *Macrocystis*, manche Flechten und Pilze, wie die Bartflechte unserer Gebirgswälder und die baumbewohnenden Polyporen, werden viele Jahre alt, andere Algen und Pilze überdauern den Ablauf eines Jahres nicht oder die Lebensdauer der Individuen ist gar nur nach Wochen oder Tagen bemessen.

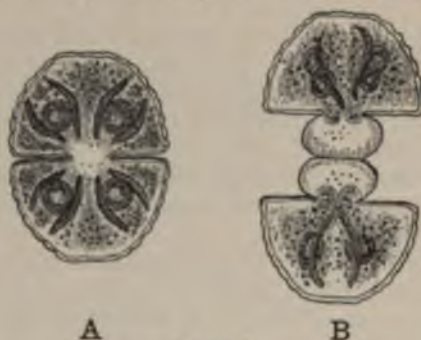
Der Ersatz für die absterbenden Individuen wird durch die Fortpflanzungserscheinungen vermittelt. Wenn wir alle die Vorgänge überblicken, welche zur Bildung neuer Individuen führen, so können wir zwei Gruppen von Erscheinungen unterscheiden, welche unabhängig von einander und neben einander hergehend, oft bei demselben Pflanzenindividuum gefunden werden oder auch im Laufe der Generationen bei derselben Art regelmässig mit einander abwechseln: Die Erzeugung neuer Individuen auf ungeschlechtlichem Wege und die geschlechtliche Fortpflanzung. Die charakteristische Eigenthümlichkeit der geschlechtlichen Fortpflanzung besteht darin, dass die Erzeugung der neuen Individuen durch eine Zellverschmelzung eingeleitet wird; zwei aus dem Vegetationskörper der Elternpflanzen hervorgehende Zellen, welche meist durch besondere Ausbildung von den vegetativen Zellen verschieden sind, vereinigen sich zu einem einheitlichen Zellgebilde, welches durch Wachstumsvorgänge zur Entstehung eines einzigen oder einer grösseren Anzahl von neuen Individuen führt. Bei der Entstehung neuer Individuen auf ungeschlechtlichem Wege stellt irgend eine Zelle oder eine Gruppe von Zellen, welche rein zufällig oder durch Wachstumsvorgänge aus dem Verbands des Mutterindividuums gelöst wurde, ohne Weiteres den Anfang eines neuen Individuums dar. Die Zellen oder Zellgruppen, von denen in solchen Fällen die Neubildung von Individuen ausgeht, sind häufig durch besondere Ausbildung von den vegetativen Zellen der Mutterpflanze

unterschieden und durch ihre Organisation dem Zwecke besonders angepasst. Man bezeichnet den Vorgang der Neubildung dann als ungeschlechtliche Fortpflanzung zum Unterschiede von der vegetativen Vermehrung, bei welcher irgendwelche Theile des Pflanzenkörpers, die von den gleichnamigen vegetativen Organen nicht unterschieden sind, die Neubildung von Individuen bewirken. Vegetative Vermehrung und ungeschlechtliche Fortpflanzung sind keine principiell verschiedene Vorgänge, sie sind durch zahlreiche, sanft abgestufte Uebergänge mit einander verbunden.

Im Folgenden sollen nach einander die Vorgänge der vegetativen Vermehrung der ungeschlechtlichen und der geschlechtlichen Fortpflanzung an der Hand einiger typischen Beispiele besprochen werden.

1. Die vegetative Vermehrung.

Die Zweitheilung. — Am einfachsten ist der Vorgang der vegetativen Vermehrung bei den einzelligen Spaltpilzen und Spaltalgen. Dort



Figur 188.

A *Cosmarium Botrytis*, eine einzellige Grünalge,
B dieselbe in Zweitheilung begriffen.

theilt sich das erwachsene Zell-individuum, welches meist die Form einer Kugel oder eines geraden oder gekrümmten Stäbchens hat, durch eine Querwand in zwei Zellen von annähernd gleicher Gestalt und Grösse; jede dieser Zellen stellt ein selbstständiges Individuum dar, welches durch Wachsthum vergrössert und im ausgewachsenen Zustande durch erneute Theilung in gleicher Weise zu weiterer Vermehrung führen kann. Auch bei gewissen Grünalgen ist ein ähnlicher Vorgang vorhanden. Die einzelligen Conjugaten, zu denen

das in Figur 188 **A** abgebildete *Cosmarium* gehört, haben einen sehr regelmässig geformten Körper. Die Zellwand ist aus zwei symmetrischen Hälften zusammengesetzt, welche, wie in der Figur, oft nur durch eine schmale Verbindungsstelle, den Isthmus, mit einander in Zusammenhang stehen; der lebende Zellinhalt, das Protoplasma, in welchem ein Zellkern und Chlorophyllkörper vorhanden sind, reicht durch den Isthmus hindurch von einer Zellhälfte zur anderen. Die vegetative Vermehrung geht nun in der Weise vor sich, dass zunächst der Zellkern, welcher gewöhnlich an der Verbindungsstelle der Zellhälften seinen Platz hat, sich theilt. Zwischen den beiden Tochterkernen tritt dann im Isthmus eine Querwand auf und jede der dadurch entstandenen Theilzellen stellt ein neues Individuum dar. Indem an der Berührungsstelle ein starkes Wachsthum in den beiden Tochterzellen vor sich geht, ergänzt sich jede derselben allmählich zu der symmetrischen Gestalt, welche die Mutterpflanze besass (Fig. 188 **B**).

Die Fragmentation. — Für die Spaltalgen, deren Vegetationskörper einen Zellfaden darstellt, wie die Oscillarien und Nostocaceen, bedeutet die Theilung der einzelnen Zellen nur ein Wachstum des Fadens. Die Vermehrung der Fäden kommt dadurch zu Stande, dass dieselben in kurze Theilstücke zerfallen, welche als Hormogonien bezeichnet werden. Diese Gebilde bewegen sich anfangs meist lebhaft, wodurch sie zu neuen Standorten geführt werden, und wachsen allmählich zu neuen Fäden aus. Für die Auflösung des Vegetationskörpers in Theilstücke, welche sich zu selbständigen Individuen entwickeln, haben wir auch bei den Moosen Beispiele. Manche Lebermoose mit thallosem Spross verzweigen sich sehr reichlich dichotomisch. Indem nun der Vegetationskörper von hintenher allmählich abstirbt, werden die einzelnen Thallusäste isolirt und wachsen als selbständige Pflanzen weiter. Ein ähnlicher Vorgang findet sich bei den mit beblätterten Sprossen versehenen Torfmoosen, welche den Moorboden oft auf weite Strecken in dichtgedrängten Rasen überdecken. Die Stämmchen wachsen hier aufrecht und bilden Seitensprosse, die sich gleichfalls nach oben wenden. Von unten her stirbt der Hauptspross allmählich ab. Indem dadurch die Seitensprosse frei werden und sich wie neue Hauptsprosse verhalten, geht aus einem einzigen Stämmchen der Pflanze mit der Zeit ein ganzes Moospolster hervor.

Bei vielen Gefäßpflanzen ist gleichfalls die Regeneration eines Seitensprosses zur selbständigen Pflanze möglich. Es beruht darauf die von den Gärtnern sehr oft benutzte Methode der Vermehrung von Gewächsen durch Stecklinge. Ein Zweigstück einer Pflanze wird in Wasser oder feuchten Sand gesteckt, es bewurzelt sich nach einiger Zeit und wächst selbständig weiter. In der freien Natur findet eine Vermehrung in ähnlicher Weise bei den mit Ausläufern versehenen Pflanzen statt. An den Ausläufern der Erdbeerpflanzen z. B. entwickeln sich die durch lange Internodien von der Mutterpflanze und von einander getrennten Seitensprosse ganz wie selbständige Pflanzen; ihre Sprossspitze richtet sich nach oben an ihrer Basis werden Adventivwurzeln ausgebildet, und indem nach einiger Zeit die Internodien des Ausläufers absterben, wird die junge Pflanze aus dem Verbande mit der Mutterpflanze gelöst. Die Bildung von Ausläufern stellt schon einen Uebergang zu der ungeschlechtlichen Fortpflanzung dar, insofern als sich die Ausläufer meistens im äusseren Habitus wie in der inneren Ausbildung von den gewöhnlichen rein vegetativen Sprossen unterscheiden. Oft geht die Differenzirung der Ausläufer noch weiter, als in dem gewählten Beispiel. Bei der Kartoffel und beim Topinambur schwellen die Spitzen derselben zu reservestoffreichen Knollen an, die erst nach einer Ruheperiode austreiben und neue Pflanzen erzeugen.

2. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung.

Sporen und Conidien. — Die bei den niederen Gewächsen am häufigsten sich findende Form der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist die Sporenbildung, welche darin besteht, dass im Innern einzelner Zellen

des Vegetationskörpers neue Zellen oder Zellgruppen entstehen, welche durch Zersprengung der Wand der Mutterzelle frei werden und direkt oder auf Umwegen zur Bildung neuer Pflanzen führen. Die Zelle, in denen die Sporen ausgebildet werden, heisst Sporangium.

Nach der Beschaffenheit der Sporen können wir unterscheiden zwischen Schwärmsporen, welche eigene Bewegungsorgane besitzen, und unbeweglichen Sporen. Bei vielen Algen und auch bei einigen Pilzen werden Schwärmsporen gebildet. Sie sind nackte Zellen, meist von birn- oder kugelförmiger Gestalt, ihre Bewegungsorgane sind Cilien, welche einzeln oder zu zweien an dem einen Ende des Körpers entspringen oder in grösserer Anzahl die Oberfläche des Körpers bedecken. Bei den Algen enthalten die

Schwärmsporen Chlorophyll und besitzen meistens an einer Seite einen kleinen rothen Fleck, der als Augpunkt bezeichnet wird. Das eine Ende der Schwärmspore ist gewöhnlich hyalin, d. h. frei von Farbstoffen. Mit diesem Ende setzen sich die Schwärmsporen, nachdem sie sich einige Zeit im Wasser fortbewegt haben, an einer Unterlage fest und wachsen zu einer neuen Pflanze aus.

Als Beispiel möge die Schwärmsporenbildung bei *Botrydium granulatum* angeführt werden (Fig. 189). Der ganze Vegetationskörper dieser kleinen einzelligen Alge wird zum Sporangium. Der Plasmahalt des oberirdischen kugelförmigen Theiles wird in zahlreiche gleichartige Portionen zerlegt, welche zu Schwärmsporen werden. In Folge starker Quellung der Sporangienwand werden die Schwärmsporen bei der Reife durch einen am Scheitel entstehenden Riss aus der Mutterzelle heraus gedrängt. Die einzelne Schwärmspore ist birnförmig, besitzt Chlorophyll und eine an dem hyalinen, spitzen Ende eingefügte bewegliche Cilie. Die letztere geht nach einiger Zeit verloren; der Körper der Schwärmspore aber setzt sich an einem Gegenstand fest und wächst, wenn die Vegetationsbedingungen an dem gewonnenen Standorte günstige sind, zum neuen Pflänzchen heran. Das hyaline Ende der Spore stellt dabei den Anfang des Würzelchens, das chlorophyllhaltige Ende den Anfang des kugeligen Sprosses dar.

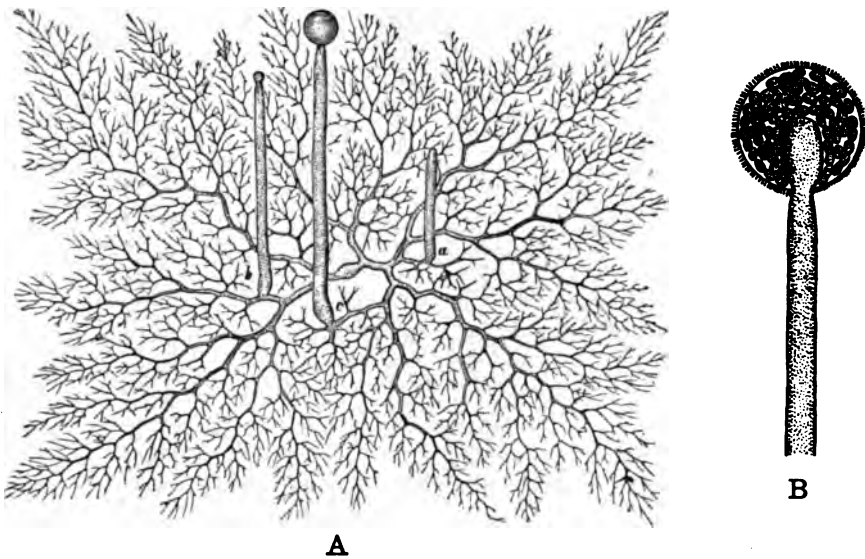


Figur 189.

Schwärmsporenbildende Pflanze von *Botrydium granulosum*. Die Schwärmsporen treten am Gipfel aus (²⁹/₁ nach Woronin). Daneben eine einzelne Schwärmspore stärker vergrössert.

Unbewegliche Sporen finden sich sowohl bei den Algen und Pilzen, als auch bei den Moosen und Farnen. Ein einfaches Beispiel für die Sporenerzeugung gibt uns der gemeine Köpfchenschimmel, ein Pilz aus der Gattung *Mucor*, welcher überall auf verschimmelnden organischen Substanzen sich einfindet. Der Pilz besteht aus einem zarten, vielfach verzweigten Mycel, welches sich in und auf dem Substrat ausbreitet. Von dem Mycel erheben sich einzelne senkrecht gestellte Aeste, welche an

ihrem obern Ende eine kugelförmige Zelle als Sporangium abgliedern. Der Inhalt dieser Zelle theilt sich in zahlreiche Portionen, welche sich mit einer Membran umgeben und Sporen darstellen. Bei der Reife der Sporen wird die Sporangienwand zersprengt und die Sporen können direkt keimen und zu neuen Mycelien auswachsen. Die Zahl der Sporen ist in dem Sporangium von *Mucor* sehr gross, in anderen Fällen ist die Menge der ausgebildeten Sporen eine geringere und auf eine bestimmte Zahl beschränkt; so finden wir bei vielen zur Gruppe der Floriden gehörigen Algen sogenannte Tetrasporangien und Tetrasporen als Organe der ungeschlechtlichen Fortpflanzung vor. Der Inhalt des Sporangiums theilt sich hier regelmässig in vier Sporen (Fig. 191 A). In den Sporenschläuchen der als Ascomyceten bezeichneten Pilze entstehen in der Regel



Figur 190.

A Ein junges Exemplar von *Mucor*. *a*, *b*, *c* Sporangienäste in verschiedenen Entwicklungsstadien (nach Kny), **B** ein Sporangium im optischen Längsschnitt (stärker vergrössert).

je acht Sporen (Fig. 191 B). Das schlauchartige Sporangium wird hier Askogonium genannt und dem entsprechend heissen die darin gebildeten Sporen Askosporen. Endlich kommen auch Fälle vor, in denen das Sporangium nur eine einzige Spore enthält. Wir finden Beispiele dafür bei den Bakterien und Spaltalgen, deren sehr ausgiebige Vermehrung, wie wir gesehen haben, durch vegetative Zweitheilung erfolgt (Fig. 191 C). Die Sporenbildung hat hier für die Vermehrung der Individuenzahl eine untergeordnete Bedeutung, in dem aber die Spore durch ihre Ausbildung grössere Widerstandskraft gegen ungünstige äussere Einflüsse besitzt als die vegetativen Zellen, ermöglicht die Sporenbildung die Erhaltung der Art auch über ungünstige Zeiten hinaus.

Bei sehr vielen Pilzen treffen wir neben den Sporen oder auch für sich allein, sporenenähnliche Fortpflanzungsorgane an, welche äusserlich

von dem Vegetationskörper des Pilzes abgegliedert werden; man bezeichnet dieselben gegenüber den stets im Innern eines Sporangiums sich bildenden Sporen als Conidien. Für die Conidienbildung finden wir wieder unter den gewöhnlichsten Schimmelformen ein typisches Beispiel. Der Pinselschimmel, *Penicillium*, erzeugt an seinem weitverzweigten, vielzelligen Mycel, welches das Substrat durchsetzt, zahlreiche aufwärts wachsende Äste, die zu Conidienträgern werden. Jeder Träger verzweigt sich an seinem oberen Ende kandelaberartig und an der Spitze jeder Endverzweigung wird eine rundliche Conidie abgeschnürt. Durch Wachstum verlängert sich darnach die Endverzweigung auf ihre ursprüngliche Grösse,



Figur 191.

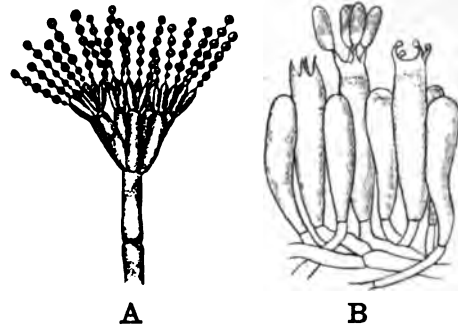
A Zweigstück von der Floridee *Lejolisia mediterranea*, an welchem links ein Tetrasporangium steht (¹⁸⁹/₁ nach Bornet). **B** Gruppe verschieden alter Sporenschläuche des Ascomyceten *Ascobolus vinosus* (¹⁴²/₁ nach Boudier). **C** Fadenstück der Spaltalge *Spermosira hallensis*, die oberen Zellen bilden Dauersporen. Rechts daneben einzelne Sporen in verschiedenen Keimungsstadien (⁴⁹⁹/₁ nach Janczewski).

und es entsteht unter der ersten Conidie eine zweite. In der gleichen Weise setzt sich der Process fort, so dass ganze Ketten von kugelförmigen Conidien aus jedem Ast hervorgehen (Fig. 192 A). Bei der Reife fallen die Conidien nach einander von dem Träger ab und lassen, wenn sie in günstige Keimungsbedingungen gelangt sind, ein neues Mycel aus sich hervorgehen. Die Conidienbildung und die dadurch erzielte Vermehrung ist bei *Penicillium* und ähnlichen eine sehr ausgiebige, in anderen Fällen ist die Zahl der an einem Conidienträger entstehenden Conidien weit geringer. In der Gruppe der Basidiomyceten sind die Conidienträger meist nach

Form und Sporenzahl bestimmter charakterisirt, sie werden hier als Basidien bezeichnet. Die Basidien sind meist keulenförmige Zellen (Fig. 192 B), an ihrem Gipfel tragen sie vier zahnchenartige Fortsätze, die Sterigmen, deren jeder auf seiner Spitze eine Conidie abgliedert.

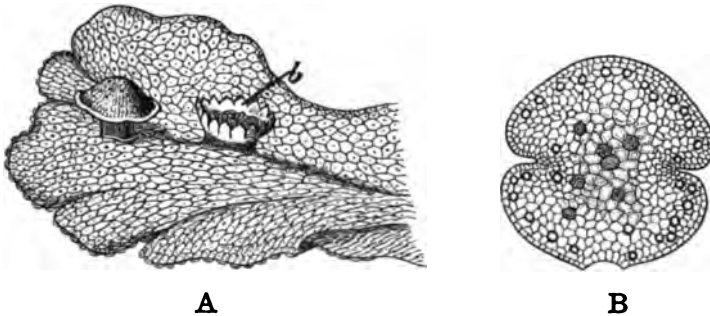
Die Sporenbildung der Moose und Farne steht in bestimmter Beziehung zu der geschlechtlichen Fortpflanzung dieser Gewächse und ist deshalb später im Zusammenhang damit eingehender zu behandeln. Hier möge nur erwähnt werden, dass die Sporen meist zu vier im Innern einer Zelle, der Sporenmutterzelle entstehen. Die Sporangien der Farne sind mehrzellige kapselartige Gehäuse, welche mehrere Sporenmutterzellen umschliessen. Die Sporenmutterzellen der Moose sind als zusammenhängende Gewebemasse in dem Körper der als Sporogonium bezeichneten ungeschlechtlichen Generation der Moospflanze eingeschlossen.

Brutknospen. — Unabhängig von der durch eine regelmässige Aufeinanderfolge von geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Generationen charakterisirten Fortpflanzung, kommt bei Moosen und Farnen auch noch eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Brutknospen vor. Gruppen von Zellen, welche sich durch ihre Ausbildung von den vege-



Figur 192.

A Conidientragender Ast des Pilzes *Penicillium* (⁶³⁰/₁ nach Brefeld). B Gruppe von Basidien von einem *Agaricus*.



Figur 193.

A Ein Stück des thallosen Sprosses von *Marchantia* mit einem Brutbecherchen δ , B eine einzelne Brutknospe stärker vergrössert (nach Kny).

tativen Organen der Pflanzen unterscheiden, werden an einer beliebigen oder an einer bestimmt umgrenzten Stelle des Vegetationskörpers abgegliedert und wachsen, nachdem sie isolirt worden sind, unter günstigen Bedingungen zu neuen Pflanzen aus. Als Beispiel mögen die Brutknospen des überall verbreiteten Lebermooses, *Marchantia polymorpha*, dienen.

Auf der Oberfläche des thallosen Sprosses stehen vereinzelt kleine becher- oder schüsselförmige Organe, die Brutbecherchen (Figur 193 A), aus deren Grunde fortgesetzt Zellreihen hervorwachsen, welche sich unter Zelltheilung an ihrem oberen Ende stark verbreitern, und zu bassgeigenförmigen Zellkörpern werden, welche sich bei der Reife leicht von dem zarten Stiel ablösen. In den seitlichen Einschnürungen dieser Brutknospen liegen Vegetationspunkte, von denen nach der Isolirung der Gebilde das Wachsthum ausgeht. Die Stoffzufuhr wird durch Haarwurzeln vermittelt, welche sich an der vom Licht abgewendeten Seite aus dem Körper der Brutknospen entwickeln. Manche beblätterte Lebermoose entwickeln aus den Zellen der Blattspitze zahlreiche wenigzellige Brutknospen. Bei den Laubmoosen treffen wir kugelige, braune Brutknospen schon an dem als



Figur 194.

A Sprossstück von *Ranunculus Ficaria* mit Brutknospe *Kn*, B unterer Theil von *Saxifraga granulata* mit Brutknöllchen *Bk*.

Jugendform der Moospflanze zu bezeichnenden fadenförmigen Protomena, aber auch die erwachsene Pflanze trägt bei einigen Arten Brutknospen, die wie bei *Tetraphis* in Bau und Entwicklung einige Aehnlichkeit mit den Brutknospen von *Marchantia* haben oder wie bei *Aulacomnium* leicht als umgewandelte Blätter zu erkennen sind.

Die Brutknospen, welche sich bei manchen Blütenpflanzen finden, sind in allen Fällen umgewandelte Sprosse, die entweder direkt in ihren Zellen oder in irgendwelchen mit ihnen verbundenen Gliedern Reservestoffe zur Verfügung haben und deren Vegetationspunkt nach der Trennung der Brutknospe von der Mutterpflanze zum Sprossscheitel der neuen Pflanze auswächst. Die bekannten Brutknospen in der Achsel der Blätter von *Lilium bulbiferum* sind zwiebelähnliche Achselknospen. Aehnliche Brutzwiebeln finden sich meist sehr zahlreich in den Achseln der Zwiebel-

schuppen bei den verschiedensten Zwiebelgewächsen. Die Knöllchen in den Blattachseln bei *Ranunculus Ficaria* sind gleichfalls Achselknospen, an denen frühzeitig eine Wurzelanlage auftritt, welche sich zum Reservestoffbehälter umwandelt (Fig. 194 A). An den in Figur 194 B abgebildeten unterirdischen Brutknospen von *Saxifraga granulata* sind die Reservestoffe in der Sprossachse selber und in den Blattanlagen abgelagert.

3. Die geschlechtliche Fortpflanzung.

Das charakteristische Merkmal der geschlechtlichen Fortpflanzung besteht in dem Vorgang der Verschmelzung zweier Zellen, welche mit einem gemeinsamen Namen als Sexualzellen oder Gameten bezeichnet werden. Die näheren Umstände, unter denen dieser als Befruchtung bezeichnete Vorgang sich vollzieht, die Beschaffenheit der Sexualzellen und die Form und Ausbildung der besonderen Organe, Geschlechtsorgane, in oder an denen die Sexualzellen entstehen, ist in den verschiedenen Gruppen des Gewächsreiches ausserordentlich verschieden. Indessen sind alle die mannigfaltigen Erscheinungen auf diesem Gebiete durch sanft abgestufte Uebergänge mit einander verbunden, so dass wir, wenn wir von den niedersten zu den höchst entwickelten Pflanzen fortschreiten, hinsichtlich der geschlechtlichen Vorgänge einen aufsteigenden Gang der Entwicklung vom Einfachen zum Complicirteren erkennen können.

Die geschlechtliche Fortpflanzung der Thallophyten. — Bei den Algen und Pilzen herrscht die grösste Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, neben Fällen, in denen die Gameten an Gestalt und Grösse völlig gleich bis zur Verschmelzung den gleichen Entwicklungsgang durchlaufen, finden wir solche, in denen schon frühzeitig eine weitgehende Differenzirung zwischen den zu Gameten werdenden Zellen eingeleitet wird, so dass ein deutlicher Unterschied zwischen männlicher Sexualzelle und weiblichem Ei erkennbar wird. Wir können darnach die Befruchtungsvorgänge der Thallophyten in zwei durch Uebergänge verbundene Gruppen bringen. 1. Die isogame Befruchtung besteht in der Verschmelzung zweier an Gestalt, Grösse und Ausbildung gleicher Sexualzellen: das Verschmelzungsprodukt derselben wird Zygospore genannt. 2. Bei der oogamen Befruchtung sind verschieden gebildete männliche und weibliche Gameten vorhanden, ihr Verschmelzungsprodukt heisst Oospore.

Ein Beispiel für isogame Befruchtung bietet uns die Grünalge, *Ulothrix*, dar (Fig. 195 A). Die kurzen Zellen, aus denen die cylindrischen, unverzweigten Fäden derselben bestehen, enthalten im vegetativen Zustande in ihrem Protoplasma einen band- oder plattenförmigen Chlorophyllkörper. Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch birnförmige Schwärmsporen mit vier Cilien vermittelt, welche zu zweien in einer zum Sporangium werdenden vegetativen Zelle entstehen. Wenn die Pflanze zur geschlechtlichen Fortpflanzung schreitet, so theilt sich der gesammte Inhalt einzelner Zellen nach vorausgegangener Kerntheilung in 16 Portionen,

welche durch eine Oeffnung in der Zellwand nach aussen gelangen. Jede derselben stellt einen Gameten dar, welcher Birnform besitzt, am spitzen hyalinen Ende zwei Cilien trägt, im runden Theil mit Chlorophyll und seitlich mit einem rothen Augpunkt versehen ist. Mit Hilfe des Mikroskopes kann man beobachten, dass einzelne der im Wassertropfen schwärmenden Gameten sich mit ihren Cilien verflechten und zunächst mit ihren spitzen Enden in Berührung treten. Sie legen sich dann mit den Längsseiten aneinander und verschmelzen zu einem einzigen Körper, der zunächst noch vier Cilien und zwei Augpunkte besitzt. Später verliert das Verschmelzungsprodukt, die Zygospora, die Cilien und umgiebt sich mit einer neuen Zellwand. Bei der Keimung erzeugt die Zygospora aus ihrem Inhalt zunächst eine Anzahl von ungeschlechtlichen Schwärmsporen, welche sich festsetzen und zu neuen Fäden auswachsen.



Figur 195.

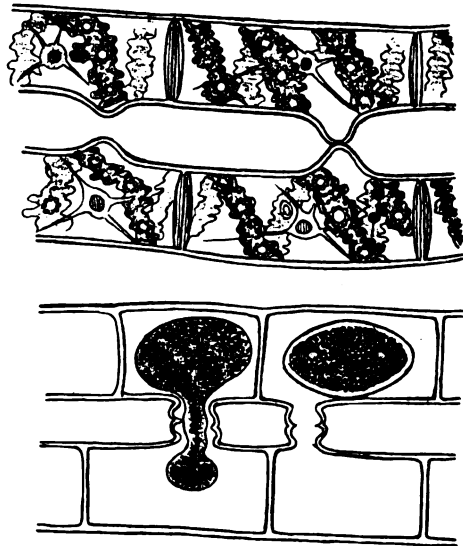
A Fadenstücke von *Ulothrix*. In dem linken Fadenstück werden ungeschlechtliche Schwärmsporen ausgebildet. In dem rechten Fadenstück werden Gameten ausgebildet, rechts davon einzelne Gameten in verschiedenen Stadien der Kopulation. **B** 1—6 Verschiedene Stadien der Zygosporenbildung bei *Mucor*.

In Fällen, in denen, wie bei dem vorliegenden Beispiel, selbstbewegliche Sexualzellen vorhanden sind, pflegt man den Befruchtungsvorgang wohl auch kurz als Gametencopulation zu bezeichnen; ein weiteres Beispiel möge zeigen, dass auch eine Verschmelzung unbeweglicher Zellen zur Zygosporenbildung führen kann. Die Schimmelpilze aus der Gattung *Mucor* vermehren sich sehr ausgiebig durch die auf Seite 213 geschilderte Sporenbildung, gelegentlich aber kommt bei ihnen eine geschlechtliche Fortpflanzung zu Stande (Fig. 195 B). Zwei Äste des verzweigten Myceliums, welche sehr reichlich mit Protoplasma versehen sind, wachsen direkt gegen einander, bis sie sich mit den Spitzen berühren. Ihre keulenförmigen Enden, welche durch eine Querwand von dem übrigen Mycel abgegrenzt werden, schwellen mehr und mehr an, und indem an der Berührungsstelle die Zellwand aufgelöst wird, verschmelzen diese beiden Zellen zu einer einzigen, welche sich kugelförmig abrundet und nach Ausbildung starker

Wandverdickungen die ausgewachsene Zygospore darstellt. Durch die kräftige Ausbildung der Wand wird die Zygospore in Stand gesetzt, ungünstige äussere Umstände leichter zu ertragen. Sie kann ohne Schaden eine Ruhepause durchmachen und keimt, nachdem günstige Wachstumsbedingungen eingetreten sind. Das kleine schlauchartige Mycel, welches bei der Keimung aus der gesprengten Haut der Zygospore hervorwächst, bildet sehr bald ein Sporangium mit ungeschlechtlichen Sporen, welche eine Entstehung zahlreicher neuer Pflanzen anbahnen.

Unter den Grünalgen bieten einige zur Abtheilung der Conjugaten gehörige Fadenalgen gute Beispiele für die Zygosporenbildung unbeweglicher Gameten. Bei *Spirogyra* enthalten die cylindrischen Zellen der unverzweigten Fäden in ihrem Protoplasma einen Zellkern und ein oder mehrere spiralig gewundene, der Wand anliegende Chlorophyllbänder.

Bei der Zygosporenbildung (Fig. 196) werden in typischen Fällen an den Zellen der parallel nebeneinander liegenden Fäden Ausstülpungen gebildet, welche direkt gegen einander wachsen, bis sie sich berühren und nach Auflösung der Zellwand an der Berührungsstelle ein offenes Verbindungsrohr zwischen je zwei Zellen darstellen. Durch Wasserabgabe verringern die Protoplastmakörper der Zellen ihren Umfang und je einer derselben wandert durch das Verbindungsrohr in die andere Zelle, um dort mit dem Inhalt zu verschmelzen. Die dadurch entstehende Zygospore rundet sich gleichmässig ab und umgibt sich mit einer festen Membran. Bei der Keimung wird die äussere Hülle von dem hervordrängenden Inhalt durchbrochen und der letztere bildet sich zum neuen Faden aus, dessen Zellenzahl durch fortgesetzte Zelltheilung vermehrt wird.



Figur 196.

Zellen der grünen Fadenalge *Spirogyra* in verschiedenen Stadien der Zygosporenbildung.

Insofern als der eine der Gameten hier in der Zellwand bleibt, während der andere sich zu ihm hin bewegt, und insofern, als auch die Inhaltsbestandtheile der beiden Gameten sich bei der Verschmelzung nicht völlig übereinstimmend verhalten, finden wir bei *Spirogyra* schon eine geringe Gegensätzlichkeit zwischen den beiden Gameten angedeutet und können den soeben geschilderten Befruchtungsvorgang als eine Zwischenstufe zwischen isogamer und oogamer Fortpflanzung ansehen. Deutlich ausgesprochene oogame Befruchtung unbeweglicher Gameten findet sich indes nur bei gewissen Pilzen, die danach als Oomyceten bezeichnet

werden. Bei den hierher gehörenden Peronosporen und Saprolegnien bildet die kugelig anschwellende Endzelle eines Mycelfadens das Oogonium d. h. das weibliche Geschlechtsorgan, in dessen Innern sich eine oder mehrere Eizellen entwickeln. Das männliche Organ, welches als Antheridium bezeichnet wird, ist ein kleiner unterhalb des Oogoniums entspringender Seitenast, welcher gleichfalls durch eine Querwand von dem übrigen Mycel abgegrenzt ist. Der Antheridienast legt sich dem Oogonium dicht an und treibt an der Berührungsstelle einen Schlauch, welcher die Wand des Oogoniums durchbricht und bis zum Ei vordringt. Die durch den geöffneten Befruchtungsschlauch in das Ei hinübertretende Substanz bewirkt in den typischen Fällen die Befruchtung, durch welche das Ei zu weiterer Entwicklung angeregt wird (Fig. 197).

Sehr deutliche Uebergänge von isogamer zu oogamer Befruchtung mit sanfter Abstufung in zahlreichen Beispielen finden wir in der Abtheilung der Braunalgen. Bei ihnen steigt die geschlechtliche Fortpflanzung von der Kopulation ganz gleicher beweglicher Gameten durch Befruchtung beweglicher Eizellen zu Befruchtung unbeweglicher Eizellen, wobei oft ganz nahe verwandte Formen verschiedenes Verhalten zeigen.



Figur 197.

1 — 4 Aufeinanderfolgende Stadien der Oosporenbildung bei *Pythium gracile* (ca. $\frac{800}{1}$ nach De Bary).

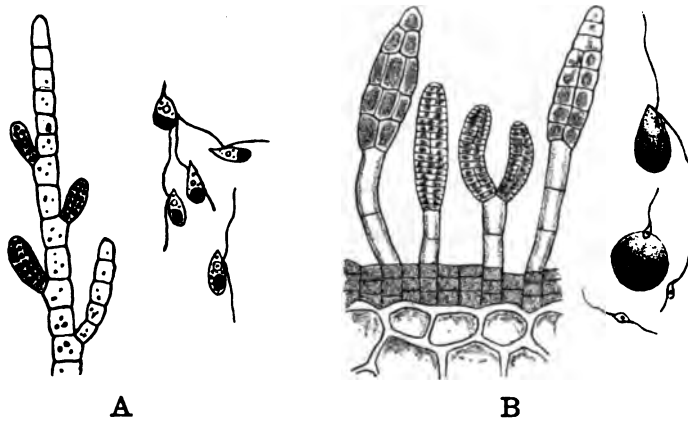
In der Gattung *Ectocarpus*, deren Vertreter meist kleine fadenförmige, rasenbildende Vegetationskörper besitzen, zeigen einige Arten typische isogame Befruchtung. Die mit zwei seitlich eingefügten Cilien versehenen birnförmigen Gameten verschmelzen paarweise wie bei *Ulothrix* zur Zygospore. Andere Arten derselben Gattung haben zweierlei Gameten, welche an Grösse ein wenig verschieden sind und ein ganz verschiedenes Verhalten zeigen (Figur 198 A). Die etwas grösseren weiblichen Gameten setzen sich, nachdem sie eine zeitlang geschwärmt haben, mit der einen Cilie, welche sich zu einer Art Stiel

verkürzt, an einer Unterlage fest. Die kleineren männlichen Gameten aber, welche ihre Beweglichkeit länger behalten, umschwärmen die zur Ruhe gekommenen. Indem endlich je ein männlicher und ein weiblicher Gamet verschmelzen, werden Zygoten gebildet, welche bei der Keimung zu neuen Pflanzen auswachsen.

In der den Ectocarpeen sehr nahestehenden Familie der Cutleriaceen sind die Differenzen zwischen den männlichen und weiblichen Gameten schon weiter ausgebildet. Bei der hierher gehörenden *Zanardinia collaris* (Fig. 198 B) bilden sich die Enden einzelner Fadenäste des zu einem flachen Thallus verschmolzenen Vegetationskörpers zu Gametenbehältern aus. Einige derselben theilen sich durch zahlreiche Quer- und Längswände in kleine Zellen, deren Inhalt je einen männlichen Gameten liefert. Andere Äste erfahren nur wenige Theilungen, so dass die Theilzellen grösser bleiben und die aus ihrem Inhalt hervorgehenden weiblichen Gameten die männlichen vielfach an Grösse übertreffen. Die weiblichen

Gameten besitzen, wie die männlichen, zwei Cilien an ihrem birnförmigen Körper. Sie behalten dieselben aber nur kurze Zeit und kommen bald zur Ruhe, indem sie sich zu einem kugelförmigen Ei abrunden, an dem ein farbloser Fleck, der Empfängnisfleck, die Stelle bezeichnet, an welcher bei der Befruchtung ein männlicher Gamet in den Körper des Eies eindringt.

Das Verhalten von *Zanardinia* leitet zu der Fortpflanzungserscheinung bei *Fucus* hinüber (Fig. 199), bei welcher ein weiterer Fortschritt in der Entwicklung des Sexualaktes zu erkennen ist, insofern als die Eizelle von Anfang an ohne Bewegungsorgane ist. Die Arten der Gattung *Fucus* sind hochentwickelte Meeresalgen, welche einen laubartigen, reichlich dichotomisch verzweigten Thallus und ein wurzelähnliches Haftorgan besitzen. Die Geschlechtsorgane befinden sich am Ende einzelner Thalluslappen in grubigen Vertiefungen, welche *Conceptacula* genannt werden.



Figur 198.

A Fadenast von *Ectocarpus* mit Gametenbehältern. Rechts daneben ein weiblicher Gamet, welcher von männlichen umschwärmt wird. **B** Stück der Oberfläche des Thallus von *Zanardinia* mit Gametenbehältern. Rechts daneben männliche und weibliche Gameten.

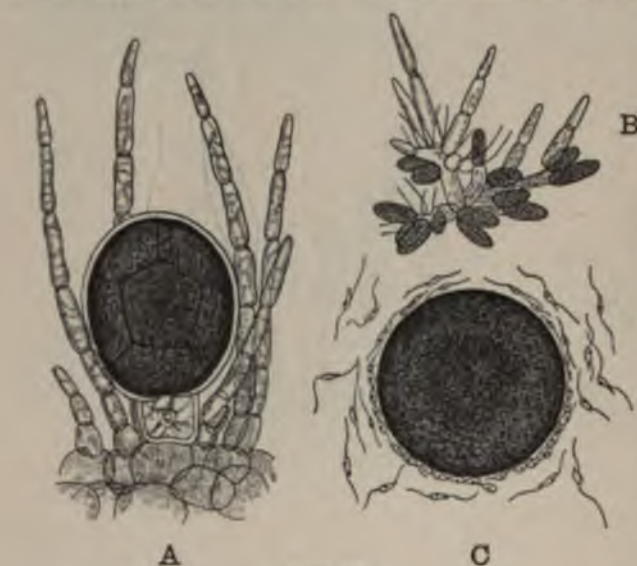
Es sind zweierlei Arten von Geschlechtsorganen vorhanden, die Antheridien, in denen die männlichen Sexualzellen oder Spermatozoiden entstehen und die Oogonien, in denen sich die Eizellen ausbilden. Die Antheridien sind die einzelligen Enden verzweigter Fädenäste, welche aus der Wand des *Conceptaculum* entspringen. Der Inhalt derselben zertheilt sich in sehr zahlreiche Portionen, die je einen sehr kleinen männlichen Gameten darstellen, welcher zwei seitlich stehende Cilien trägt. Die Oogonien sind kugelig angeschwollene Zellen, die auf einem kurzen Stiel zwischen verzweigten Haaren an der Wand des weiblichen *Conceptaculum* stehen. Ihr Inhalt theilt sich in acht nackte Zellen, die, so lange sie im Oogonium liegen, durch gegenseitigen Druck polygonal erscheinen. Später werden die Zellen aus dem Oogonium befreit und vor die Oeffnung des *Conceptaculum*s hinausgedrängt und stellen dann jede ein völlig kugelig

abgerundetes Ei dar. Ganze Schaaren der vielfach kleineren männlichen Gameten umschwärmen alsbald jedes Ei und setzen sich an demselben fest. Es ist indess wohl anzunehmen, dass die Verschmelzung eines einzigen derselben mit dem Ei zum Zustandekommen der Befruchtung ausreicht. Das befruchtete Ei umgibt sich mit einer Membran und wächst, indem es sich an einer Unterlage festsetzt, zum neuen Algenstadium aus.

Als nächsten Schritt in der Ausbildung des Sexualaktes können wir die Thatsache ansehen, dass bei manchen Thalphyten das Ei überhaupt nicht aus dem Oogonium herausbefördert wird, sondern bis zu der Ausbildung der Oospore an dem Ort seiner Entstehung liegen bleibt. Wir finden diesen Fall bei der Grünalge, *Coleochaete pulvinata*, realisiert, bei

welcher sich zugleich noch in anderer Beziehung eine weitergehende Organisation der Fortpflanzungserscheinungen erkennen lässt (Figur 200).

Der Thallus von *Coleochaete* besteht aus verzweigten Zellfäden, welche zu einer flachen Scheibe angeordnet sind, aus einzelnen der vegetativen Zellen entspringen Borstenhaare, welche am unteren Ende von dem äusseren Theil der Zellwand wie von einer Scheide umhüllt werden. Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung kann in der Weise vor sich gehen, dass die Endzellen

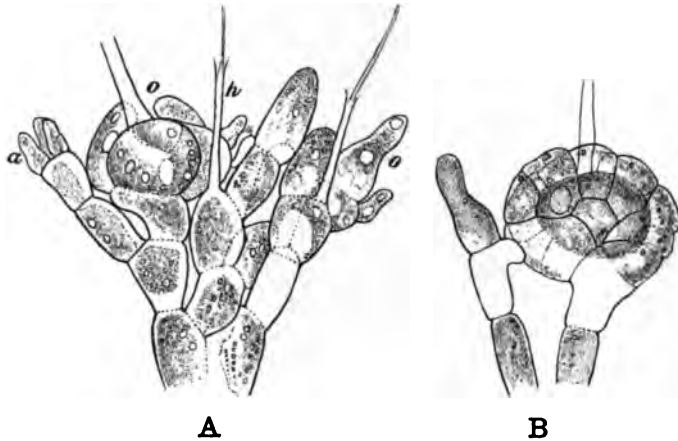


Figur 199.

Geschlechtsorgane von *Fucus* (nach Thuret). A. Oogonium, in welchem acht Eizellen gebildet werden. B. Verzweigte Fäden mit Antheridien aus einem Conceptakulum. C. Ein reifes Ei, welches von Spermatozoiden umschwärmt wird (stärker vergrössert).

einzelner Thallusäste zu Sporangien werden, in denen je eine kugelige Schwärmspore mit zwei Cilien gebildet wird. Die Geschlechtsorgane gehen bei der besprochenen Art gleichfalls aus Endzellen der Fadenäste hervor. Die Antheridien werden gebildet, indem aus einer Endzelle zwei oder drei Ausstülpungen entstehen, welche sich durch eine Querwand abgrenzen. Der gesammte Inhalt jeder so gebildeten Zelle wird zu einem ovalen Spermatozoid mit zwei Cilien. Die Oogonien entstehen dadurch, dass eine Endzelle kugelförmig anschwillt und an ihrem vorderen Ende in einen schmalen Schlauch auswächst, der sich später an seiner Spitze öffnet und einen farblosen Schleimtropfen austreten lässt. Der mit Chlorophyll versehene Inhalt des kugelförmigen Theiles des Oogoniums

bildet die Eizelle. Nach der Befruchtung umgibt sich die Eizelle mit einer eigenen Zellhaut und vergrößert sich noch beträchtlich durch Wachstum. Indem aus der das Oogonium tragenden Zelle seitliche Aeste hervorsprossen, welche sich dicht an den Bauchtheil des Oogoniums anschmiegen, wird die Oospore mit einer dicht zusammenschliessenden zelligen Rinde umgeben, in deren Schutz sie den Winter über ruht. Im nächsten Frühjahr beginnt die Keimung, indem die Oospore durch Wachstum die Berindung zersprengt und sich durch Querwände in mehrere Zellen zertheilt, deren jede eine ungeschlechtliche Schwärmspore ausbildet, welche zu einer neuen Pflanze heranwächst. Der Entwicklungsgang der Coleochaete zeigt einen deutlichen Generationswechsel. Die durch den Befruchtungsakt erzeugte Oospore wird nie direkt zur geschlechtlichen Pflanze, sondern der aus ihr hervorgehende Zellkörper stellt eine geschlechtslose Generation dar, welche nur Schwärmsporen



Figur 200.

Coleochaete pulvinata. A Stück eines fructificirenden Exemplars, a Antheridien, o, o Oogonien in verschiedenen Entwicklungsstadien, h Haar. B Ein fast reifes vollständig berindetes Oogonium (²⁸⁰/₁ nach Pringsheim).

erzeugt, und erst an den aus diesen erwachsenden Pflanzen entstehen wieder Geschlechtsorgane.

Eine ähnliche Erscheinung lässt sich bei den Rothalgen oder Florideen erkennen. Der dem Oogonium homologe weibliche Geschlechtsapparat wird bei ihnen Procarp genannt. Er besteht im einfachsten Falle, der in Figur 201 dargestellt ist, aus einer einzigen Zelle, welche in ihrem untern kugelförmig angeschwollenen Theil die weibliche Sexualzelle des Karpogon enthält, während das obere Ende zu einem Schlauch ausgezogen ist. Dieser schlauchförmige Theil der als Empfängnissapparat dient, wird Trichogyn genannt. In anderen Fällen werden Trichogyn und Karpogon von verschiedenen Zellen gebildet. Die Antheridien sind entweder einzelne Endzellen der Thalluszweige, oder sie bilden dicht gedrängt stehende Zellgruppen am Ende einzelner Thallusäste. In ihnen entstehen in Einzahl

oder Mehrzahl die männlichen Gameten, die Spermarien, deren Protoplasma mit einer Membranhülle umgeben ist und zum Unterschied von den Spermatozoiden der früher besprochenen Formen keine Bewegungsorgane besitzt. Die Befruchtung erfolgt dadurch, dass die Spermarien durch äussere Kräfte zu dem Trichogyn geführt werden und sich an demselben festsetzen. Durch Auflösung der Zellwände an der Berührungsstelle wird eine offene Verbindung hergestellt, so dass der befruchtende Inhalt der Spermarien in das Trichogyn gelangen und von diesem zu dem Karpogon geleitet werden kann. Bei den Formen mit einzelligem Prokarp wird das Karpogon nachträglich durch eine Querwand von dem Trichogyn abgegrenzt. Das befruchtete Karpogon theilt sich darauf durch Zellwände

und wächst an seinem Umfang zu Fäden aus, die sich in einzelne zu Sporen werdende Zellen theilen, oder am Ende je eine Spore abgrenzen. Das ganze aus dem befruchteten Karpogon erzeugte Gebilde wird als Sporenfrucht bezeichnet, die einzelnen Sporen heissen Karposporen, aus ihnen entstehen später durch Keimung neue Pflanzen.

Die Fortpflanzung der Archegoniaten.

— Bei den Moosen, Gefässkryptogamen und Gymnospermen treffen wir hinsichtlich des Befruchtungsvorganges in allen wesentlichen Punkten grosse Uebereinstimmung.



Figur 201.

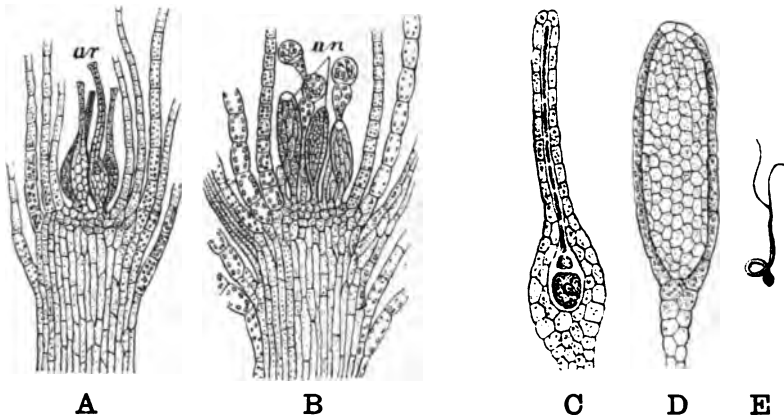
Nemalion multifidum. 1 Thallusküste mit Antheridien *a* und Procarp *p* Karpogon, *t* Trichogyn desselben. 2—4 Entwicklung des Procarps nach der Befruchtung (^{400x} nach Bornet u. Thuret).

Auch die Form und Entwicklung des weiblichen Geschlechtsorganes, welches hier Archegonium genannt wird, zeigt bei allen Arten weitgehende Aehnlichkeit, so dass man deshalb diese drei Abtheilungen des Pflanzenreiches als die Gruppe der Archegoniaten zusammenfassen kann. Das Archegonium zeigt in den typischen Fällen die Form eines flaschenartigen Zellgebildes in dessen Bauchtheil die Eizelle liegt. Der halsförmige Theil öffnet sich bei der Reife des Eies an seiner Spitze und stellt einen schlauchartigen Kanal dar, durch welchen die männlichen Sexualzellen zum Ei gelangen. Die männlichen Sexualzellen sind bei den Moosen und Farnen Spermatozoiden, welche sich von den gleichnamigen Gebilden einiger Algen nicht wesentlich unterscheiden. Ihr Körper ist meist lang-

gestreckt und spiralg eingeroht und trägt als Bewegungsorgane Cilien. Die meist kapselartigen Zellkörper, in denen die Spermatozoiden entstehen, werden auch hier als Antheridien bezeichnet.

Ein Generationswechsel ist bei allen Archegoniaten deutlich darin ausgesprochen, dass das aus der befruchteten Eizelle hervorgehende Gebilde nicht direkt wieder Geschlechtsorgane, sondern ungeschlechtliche Sporen erzeugt, aus denen durch Keimung neue geschlechtliche Pflanzen hervorgehen. Je mehr wir aber in der Reife der Archegoniaten emporsteigen, desto mehr wird dieser Entwicklungsgang vereinfacht, indem die Ausbildung und die Lebensdauer der geschlechtlichen Generation mehr und mehr zusammengedrängt wird, während umgekehrt die ungeschlechtliche Generation zu immer höherer Entwicklung gelangt.

Bei den Moosen ist die geschlechtliche Generation noch wohl entwickelt. Aus der Keimung der Spore entsteht meistens erst eine algen-



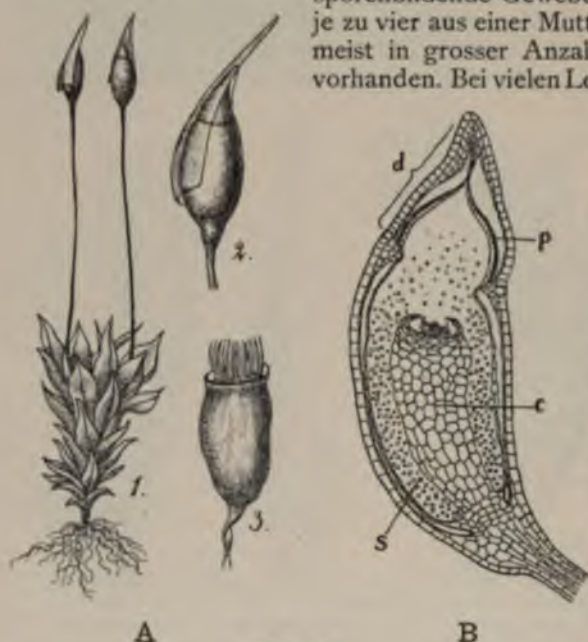
Figur 202.

- A** Längsschnitt durch den Gipfel einer weiblichen Moospflanze (*Funaria*) *ar* Archegonien ($^{100}/_1$).
B Längsschnitt durch den Gipfel einer männlichen Moospflanze (*Funaria*) *an* Antheridien ($^{100}/_1$).
C Einzelnes Archegonium im Längsschnitt ($^{280}/_1$). **D** Einzelnes Antheridium im Längsschnitt ($^{280}/_1$).
E Ein Spermatozoid ($^{800}/_1$) [meist nach Sachs].

ähnliche Jugendform der geschlechtlichen Moospflanze, welche Protonema genannt wird. Aus der Spitze oder aus seitlichen Verzweigungen der Protonemafäden entsteht später durch Wachstum die eigentliche Pflanze. Sie stellt meist einen bewurzelten Spross mit Scheitelwachstum dar, welcher bei den Laubmoosen und bei vielen Lebermoosen eine deutliche Gliederung in Sprossachse und Blätter erkennen lässt.

Die Archegonien und Antheridien (Fig. 202) entstehen erst, wenn die vegetative Ausbildung der Pflanze eine beträchtliche Entwicklung erlangt hat. Für den Befruchtungsvorgang ist die Gegenwart von Wasser in der Umgebung der reifen Geschlechtsorgane eine unerlässliche Bedingung. Aus dem eröffneten Hals der reifen Archegonien tritt Schleim hervor, welcher sich im Wasser ausbreitend, einen richtenden Reiz auf die in der Nähe befindlichen Spermatozoiden ausübt und dieselben veranlasst

in den Halskanal des Archegonium hinein und bis zum Ei vorzudringen. Durch die Verschmelzung eines Spermatozoids mit der Eizelle wird die Befruchtung ausgeführt. Die ungeschlechtliche Generation, welche sich aus dem befruchteten Ei entwickelt, wird Sporogonium genannt (Fig. 203). Sie stellt immer einen wenig gegliederten Gewebekörper dar, der mit seinem untern, meist stielförmigen Ende in dem Bauch des Archegoniums stecken bleibt und von dort her ernährt wird. Das obere Ende des Sporogoniums wächst aus dem Archegonium heraus, indem es dasselbe an der Spitze durchbricht, oder indem es die obere Hälfte desselben als Mütze mit emporhebt. Es ist keulenförmig oder kugelig angeschwollen und schliesst das sporenbildende Gewebe ein. Die Sporen, welche je zu vier aus einer Mutterzelle hervorgehen, sind meist in grosser Anzahl im Innern der Kapsel vorhanden. Bei vielen Lebermoosen werden neben



Figur 203.

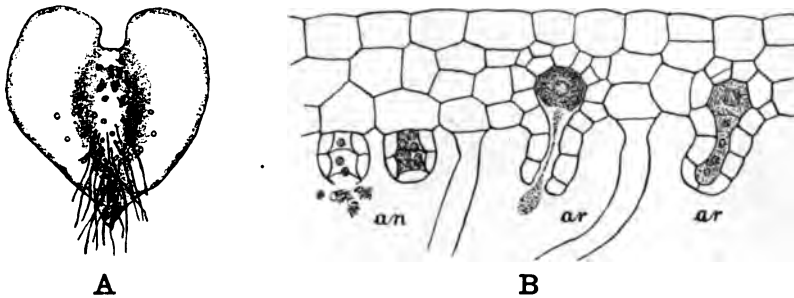
A *Anacalypta*. 1. Ein Moospflänzchen, welches zwei Sporogonien trägt. 2. Die Kapsel eines Sporogoniums mit Deckel und Haube, stärker vergrössert. 3. Dieselbe nach dem Aufspringen. An dem Rande der Kapsel ist das Peristom sichtbar. **B** Längsschnitt durch ein reifes Sporogon von *Rhynchostegium*. *d* Deckel, *p* Peristom, *c* Columella, *s* Sporen.

den Sporen eigenthümliche sterile Faserzellen mit spiraligen Wandverdickungen im Sporogonium ausgebildet, welche als Elateren bezeichnet werden und in manchen Fällen bei der Ausstreuerung der Sporen eine Rolle spielen. In der Kapsel des Laubmoos-Sporogoniums (Fig. 203) bleibt meist ein centraler Theil des Gewebes steril und bildet die Columella d. h. ein Säulchen, welches von der Basis des Hohlraumes entspringend, mehr oder minder weit bis zu der oberen Seite desselben emporragt. Die Eröffnung der Kapsel erfolgt nach der Sporenreife bei den meisten Lebermoosen dadurch,

dass die Kapselwand unregelmässig oder in vier Klappen auseinanderreisst, bei den Laubmoosen wird die Kapsel des Sporogoniums gewöhnlich durch das Abspringen eines Deckelchens eröffnet. Der Rand der so entstandenen Mündung ist dann oft noch mit einer regelmässigen Anzahl zierlicher Zähnen besetzt, welche man als den Mundbesatz oder das Peristom der Kapsel bezeichnet. Nach der Reife der Sporen geht das Sporogonium bald gänzlich zu Grunde.

Bei der Mehrzahl der Farne stellt die aus der Spore durch Keimung entstehende geschlechtliche Generation, das Prothallium, ebenfalls noch

ein selbständig lebendes, bewurzeltcs Sprossgebilde dar. Dasselbe erreicht aber, indem das durch eine Scheitelzelle vermittelte Spitzenwachsthum früh eingestellt wird, nur geringe Ausdehnung und ist selbst bei den höchstentwickelten Formen nur ein wenige Millimeter langes und breites grünes Schüppchen von herzförmiger oder nierenförmiger Gestalt ohne weitere Gliederung. An der Unterseite des Prothalliums stehen zwischen zahlreichen Haarwurzeln die Archegonien und Antheridien (Fig. 204). Die ersteren sind hier mit ihrem Bauchtheil in das Gewebe eingesenkt, nur der Hals ragt frei hervor. Die Antheridien sind kleine wenigzellige Erhebungen, deren innere Zelle zu Spermatozoidmutterzellen wird. Die Befruchtung erfolgt hier wie bei den Moosen durch Vermittelung eines Wassertropfens, in welchem die Spermatozoiden, durch den aus dem eröffneten Archegonienhals hervordringenden Schleim gereizt, sich zu dem Ei fortbewegen. Nach erfolgter Befruchtung entwickelt die Eizelle sich zum Embryo, an dem als wichtigste Organanlagen die Sprossspitze, die Keimwurzel und das erste Blatt sehr bald erkennbar sind.



Figur 204.

A Farnprothallium mit Archegonien und Antheridien von der Unterseite. **B** Stück vom Längsschnitt eines Farnprothalliums, *ar* Archegonien, *an* Antheridien. Das eine derselben ist schon theilweise entleert, einige Spermatozoiden sind vor der Oeffnung gezeichnet.

Mit einem als Embryofuss bezeichneten Zapfenfortsatz bleibt der Embryo vorerst in dem erweiterten Archegonienbauch stecken und bezieht von dort her seine erste Nahrung. Das Prothallium geht früher oder später zu Grunde, nachdem sich der Embryo zum selbständigen Pflänzchen entwickelt hat. Die Keimpflanze, welche den Anfang der ungeschlechtlichen Generation darstellt, wächst zu einem hochorganisirten Pflanzengebilde, der eigentlichen Farnpflanze, aus; sie entwickelt einen bewurzelten, bisweilen regelmässig verzweigten Spross mit wohl ausgebildeten, oft reich verzweigten Blättern. In anatomischer Beziehung schliesst sie sich durch den Besitz typischer Gefässbündel an die Blütenpflanzen an. Die Sporen werden in kapselartigen Sporangien gebildet, welche meist an der Unterseite normaler oder wenig umgewandelter Blätter stehen.

Selten sind die Sporangien einzeln über die Blattoberfläche vertheilt, gewöhnlich bilden je mehrere eine Gruppe, Sorus genannt (Fig. 205). Die Sori sind bei vielen Formen nackt, bei andern sind sie durch den umgebogenen Blattrand bedeckt oder sie besitzen eine häutige Schutzhülle, welche als

Schleierchen oder Indusium bezeichnet wird. An den Sporangien, welche entweder gestielt oder sitzend sind, unterscheidet man die Sporangienwand und das sporenbildende Gewebe oder Archespor. Die Sporangienwand besteht aus einer einfachen (selten mehrfachen) Schicht von Zellen, unter denen oft eine meist ringförmig angeordnete Zellgruppe, der Annulus, durch die Ausbildung ihrer Wände ausgezeichnet ist. Der Annulus bewirkt das Aufspringen der reifen Sporangien. Die Stelle, an welcher der Riss in der Kapselwand entsteht, ist häufig durch abweichend geformte Zellen im Annulus, das sogenannte Stomium, vorbezeichnet. Das Archespor theilt sich in mehrere Sporenmutterzellen, deren jede vier Sporen erzeugt. Aus den Sporen gehen durch Keimung neue Prothallien hervor.

Bei den Wasserfarnen und den Selaginellen treffen wir zwei verschiedene Arten von Sporen an, die Makrosporen und die Mikrosporen, aus den ersteren gehen Prothallien hervor, welche nur Archegonien erzeugen, aus den letzteren solche, die nur Antheridien tragen (Fig. 206). Die Prothallien sind hier meist sehr rudimentär und stellen in manchen Fällen nur einen



Figur 205.

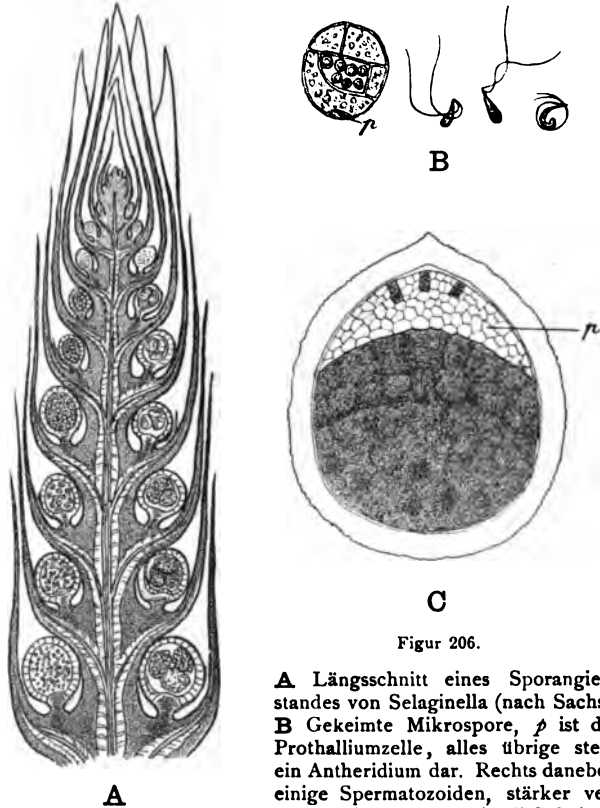
Querschnitt durch den Theil eines Farnblattes (*Aspidium*), welcher einen Sorus trägt. Zahlreiche Sporangien stehen auf den vortretenden Blattnerven und sind von einem zarten Indusium *i* bedeckt (nach Sachs). B Einzelnes Sporangium nach dem Aufspringen. *a* Der Annulus, *s* das Stomium.

wenigzelligen Gewebekörper dar, der bisweilen während seiner ganzen Entwicklung in der Spore eingeschlossen bleibt oder doch nur wenig über die zersprengte Sporenhaut hervortritt. Die Archegonien sind tief eingesenkt, so dass auch der kurze Hals nur wenig oder garnicht über die Oberfläche des Prothalliums hervorragt. Die Antheridien an den oft auf eine einzige Zelle reducirten männlichen Prothallien sind meist aus wenigen Zellen gebildet, bisweilen bestehen sie nur aus einer einzigen Zelle, deren Inhalt zu Spermatozoidmutterzellen wird. Der Vorgang der Befruchtung bietet nichts Abweichendes dar. Die Embryoentwicklung geht ähnlich wie bei den Farnen vor sich. An den erwachsenen Pflanzen stehen die Sporangien, welche je nach der Form der in ihnen erzeugten Sporen als Makrosporangien und Mikrosporangien unterschieden werden. Die Blätter, welche die Sporangien tragen, die Sporophylle, sind bei den Selaginellen nicht oder wenig von den Laubblättern verschieden, sie sind an den Gipfeln einzelner Sprosse zu Sporangienständen vereinigt. Bei den Wasserfarnen entwickeln sich die Sporophylle oder einzelne Theile

derselben zu kugeligen oder bohnenförmigen Körpern den Sporenfrüchten oder Sporokarpium, welche die ursprünglich auf ihre Oberfläche angelegten Sporangiengruppen vollständig umwachsen und einschliessen. Die Mikrosporen entstehen zu je vier aus einer Mutterzelle, die Makrosporen haben eine ähnliche Entstehungsweise, nur bleiben viele der aus dem Archespor des Makrosporangiums hervorgegangenen Mutterzellen gänzlich unentwickelt, während die Tochterzellen einzelner zu stattlicher Grösse heranwachsen und Makrosporen bilden. Ein Unterschied zwischen den Sporophyllen, welche Mikrosporangien tragen und denen, an welchen Makrosporangien stehen, ist nirgend vorhanden, bisweilen stehen beide Arten auf denselben Blättern, selbst in demselben Sorus.

Bei den Gymnospermen, der höchststehenden Gruppe der Archegoniaten sind die Blattorgane, welche die Mikrosporangien, d. i. die Pollensäcke tragen, von denen an welchen die Makrosporangien d. i. die Samenanlagen entstehen in der Form und Ausbildung verschieden und werden als Staubblätter bzw. als Fruchtblätter bezeichnet. Fast immer sind sowohl die Staubblätter als auch die Fruchtblätter für sich zu Sporangienständen, den männlichen oder weiblichen Blüten vereinigt (Fig. 207), deren Morphologie früher besprochen worden ist. In den Pollensäcken entstehen je zu vier aus einer Mutterzelle die Mikrosporen, hier Pollenkörner genannt. Die Samenanlagen bergen je eine Makrospore, den Embryosack. Bei der Reife werden die aus den aufspringenden Pollensäcken befreiten Pollenkörner durch den Wind zu den weiblichen Blüten und in die Nähe der Samenanlagen geführt.

Die Prothalliumentwicklung vollzieht sich hier stets innerhalb der



Figur 206.

A Längsschnitt eines Sporangienstandes von Selaginella (nach Sachs). **B** Gekeimte Mikrospore, *p* ist die Prothalliumzelle, alles übrige stellt ein Antheridium dar. Rechts daneben einige Spermatozoiden, stärker vergrössert (nach Milardet). **C** Gekeimte Makrospore, *p* ist das Prothallium, dasselbe trägt oben drei Archegoniumanlagen (nach Pfeffer).

Makrospore, *p* ist das Prothallium, dasselbe trägt oben drei Archegoniumanlagen (nach Pfeffer).

Sporen. Bei den Pollenkörnern ist sie auf die Entstehung einer oder weniger kleiner Zellen im Innern jedes Pollenkorns beschränkt (Fig. 208 A). Die zuletzt in der Pollenzelle abgetrennte Zelle, welche als generative Zelle bezeichnet wird, stellt das Antheridium dar. Die etwaigen früher abgetrennten Zellen werden sehr bald resorbiert; sie sind zusammen mit dem übrigbleibenden Theil der Pollenzelle als rudimentäres Prothallium anzusehen. Die generative Zelle löst sich im weiteren Verlauf der Entwicklung von der Wand der Pollenzelle los und wandert in den von der letzteren gebildeten Pollenschlauch hinein, welcher bis zu dem in dem Embryosack der Samenanlage liegenden weiblichen Prothallium vordringt.

Am vordern Ende des Pollenschlauches liegend theilt sich die generative Zelle in zwei Tochterzellen. Eine derselben (bisweilen auch beide) stellt die männliche Sexualzelle dar; dieselbe weicht durch ihre Gestalt und besonders durch den Mangel der Cilien wesentlich von den Spermatozoiden der übrigen Archegoniaten ab, man bezeichnet sie als Spermazelle oder kurz als Sperma.



Figur 207.

A Weibliche Blüthe von *Pinus silvestris*. **B** Ein einzelnes Fruchtblatt derselben mit zwei Samenanlagen \times (= Makrosporangien). **C** Männliche Blüthe von *Picea excelsa*. **D** Ein einzelnes Staubblatt derselben mit zwei aufgesprungenen Pollensäcken (= Mikrosporangien) (nach Beissner).

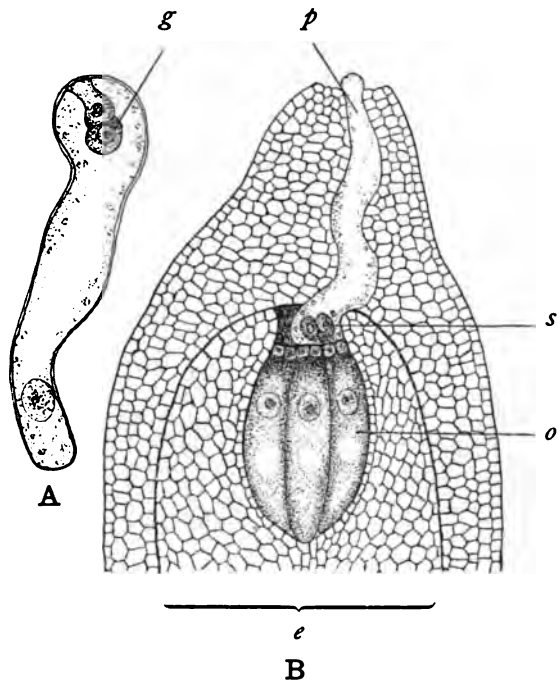
Der Embryosack stellt anfangs im Innern der Samenanlage eine einzige Zelle dar, welche sich durch ihre Grösse und durch reicheren Protoplasmainhalt von den übrigen Zellen des Nucellus unterscheidet; er bleibt auch während der weiteren Entwicklung von dem Gewebe der Samenanlage eingeschlossen (Fig. 208 B). Sein Inhalt theilt sich in eine Anzahl von Prothalliumzellen, die mit Nährstoffen für den Embryo erfüllt sind und als Endosperm bezeichnet werden. An dem zur Mikropyle gekehrten Ende dieses Prothalliums entwickelt sich eine Gruppe von rudimentären Archegonien. Jedes Archegonium (früher hier Corpusculum genannt), besteht der Hauptsache nach aus einer Eizelle, an deren einem Ende einige kleine Zellen als Rudiment des Archegonienhalses vorhanden sind.

Der Befruchtungsvorgang erfolgt dadurch, dass aus dem Ende des bis zum Archegonium vorgerückten Pollenschlauches eine Spermazelle in das Ei hinübertritt. Aus dem befruchteten Ei geht durch Zelltheilung ein

Embryo hervor, an welchem die Keimwurzel, das hypocotyle Glied mit der Stammknospe und einige erste Blätter, die Cotyledonen, unterschieden werden können. Der Embryo macht im Samen eine Ruheperiode durch und entwickelt sich später bei der Keimung des Samens zur selbstständigen Pflanze, die meist erst nachdem sie ein mehrjähriges Alter erreicht hat, wieder männliche oder weibliche Blüten oder beide zugleich hervorbringt.

Indem bei den Gymnospermen die Entwicklung der geschlechtlichen Generation auf wenige Zelltheilungen beschränkt ist, welche sich zumeist innerhalb der Organe der ungeschlechtlichen Pflanze abspielen und in dem hier statt der Spermatozoiden der übrigen Archegoniaten, Spermazellen auftreten, welche durch Vermittelung eines Pollenschlauches zum Ei geführt werden, liefert diese Abtheilung uns ein Verbindungsglied zu dem Befruchtungsvorgang bei den Angiospermen, die ja auch bezüglich der Form und Ausbildung ihrer vegetativen Organe mit den Gymnospermen grosse Aehnlichkeit besitzen.

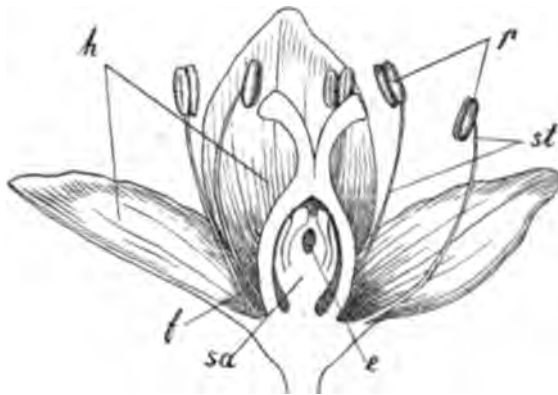
Die Fortpflanzung der Angiospermen. — Bei den Angiospermen hat die Reduction der geschlechtlichen Generation den höchsten Grad erreicht. Durch Vergleichung mit den Gymnospermen ist es trotzdem leicht, die Homologie ihrer Geschlechtsorgane mit den Organen der Archegoniaten festzustellen. Die Pollensäcke der Staubblätter entsprechen auch hier den Mikrosporangien, die Pollenkörner, welche zu vier aus einer Pollenmutterzelle entstehen, sind die Mikrosporen. Die im Fruchtknoten eingeschlossenen Samenanlagen sind Makrosporangien, in denen je eine Makrospore, der Embryosack, ausgebildet wird (Fig. 209).



Figur 208.

A Keimendes Pollenkorn von Juniperus. *g* Generative Zelle. **B** Längsschnitt durch den oberen Theil einer Samenanlage. Der Embryosack *e* ist fast ganz von Endospermgewebe erfüllt. In seinem oberen Ende sind drei Archegonien sichtbar. Jedes derselben besteht aus einer sehr grossen länglichen Eizelle *o*, und aus vier Halzzellen, von denen in der Figur nur je zwei sichtbar sind. In dem eingedrungenen Pollenschlauch *p* hat sich die generative Zelle in zwei Spermazellen *s* getheilt, welche nahe an der Spitze des Pollenschlauches liegen.

Die sporangientragenden Blattorgane, die Staubblätter und Fruchtblätter, stehen, wie früher erörtert worden ist, in Blüten, an deren Zusammensetzung meistens ausser ihnen noch sterile Blätter als Bluthenhülle theilhaft sind. Häufig finden sich Staub- und Fruchtblätter in einer Blüthe, bisweilen sind sie auf verschiedene Blüten desselben Pflanzen-individuums oder auch auf verschiedene Pflanzen vertheilt. Die Pollenkörner werden durch äussere Agentien, meist durch den Wind oder durch Insekten auf die Narben der Fruchtknoten übertragen. Vielfach finden sich an den Blüten Einrichtungen, durch welche die Pollenübertragung ermöglicht oder erleichtert wird. Die Pflanzen, deren Pollen vom Wind übertragen wird, haben unscheinbare Blüten, deren Pollensäcke auf leicht beweglichen Staubfaden weit aus der Umhüllung der Blüthe hervorgestreckt werden wie bei den Gräsern, oder es sind die männlichen Blüten, wie bei Eiche, Buche, Hasel u. a. m. für sich an einer leicht



Figur 209.

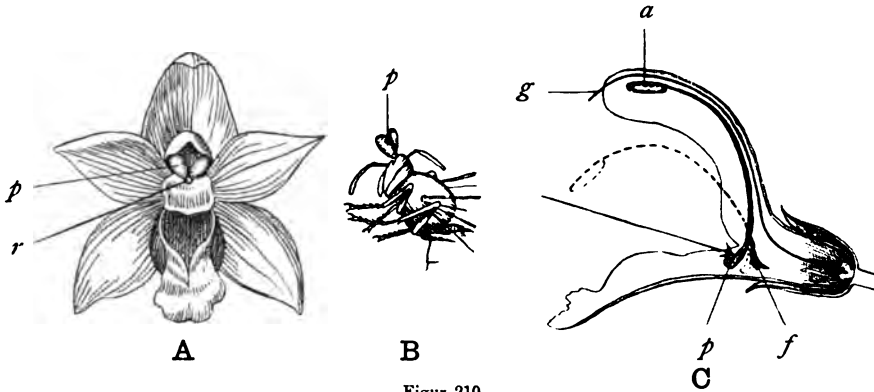
Eine einfach gebaute Angiospermenblüthe (*Polygonum*) im Längsschnitt. *h* Die Bluthenhülle, *st* die Staubblätter, *p* Pollensäcke (Mikrosporangien), *f* Fruchtblätter, *sa* eine Samenanlage (Makrosporangium), *e* Embryosack (= Makrospore).

biegsamen Achse zu trauben- oder ährenartigen Blütenständen, sogenannten Kätzchen, vereinigt, in denen die Pollenmassen gleichfalls dem Wind leicht zugänglich sind. Die Blüten, deren Pollen durch Insekten zu den Narben gebracht wird, haben irgend welche Einrichtungen, welche dazu dienen, die Insekten anzulocken. Nektarabsonderung, besonderer Geruch, auffällige Färbung der Blüten sind als derartige Anlockungsmittel anzusehen.

Die Insekten, welche die Blüten besuchen, werden dann durch die Form und Anordnung der Blüthentheile zu Bewegungen und Körperstellungen genöthigt, durch welche sie mit dem zur Verstäubung reifen Pollen beziehungsweise mit der zu befruchtenden Narbe in Berührung kommen müssen. Eine eingehendere Betrachtung dieser Verhältnisse würde zu weit führen, einige besonders auffällige Beispiele mögen eine bestimmtere Vorstellung geben. In Figur 210 A ist eine Orchideenblüthe gezeichnet, man sieht oberhalb der Narbenfläche des Gynostemiums die Pollenmassen *p* des einzigen zur Ausbildung gelangenden Staubblattes. Die Pollenkörner sind mit einander zu zwei keulenförmigen Pollinarien verklebt, welche an dem vordern Ende eine gemeinsame Klebscheibe *r* besitzen. Die Blüthentheile sind so angeordnet, dass Wespen, welche die Blüthe besuchen, beim Auflecken des Honigs mit ihrem Kopf die Klebscheibe der Pollinarien berühren. Die Pollenmassen werden dadurch an

der Stirn des Insekts festgeheftet (Fig. 210 B). Besucht darauf das Insekt andere Blüten, so stoßen die Pollenkölbchen an die Narbenfläche und bleiben zum Theil an derselben haften, um zu Pollenschläuchen auszuwachsen.

Figur 210 C stellt den Längsschnitt einer Salbeiblüte dar. Die Staubblätter besitzen hier nur ein kurzes Filement *f*. Das Connectiv ist dagegen zu einem langen bogenförmig gekrümmten Stab ausgewachsen, welcher an dem oberen Ende eine Antherenhälfte *a* trägt. Das untere Ende ist dagegen steril und zu einer gekrümmten Platte verbreitert, welche den Eingang in den Röhrentheil der Blumenkrone verschliesst. Das ganze Connectiv ist um seine Anhaftungsstelle am Filement leicht drehbar. Schiebt eine Hummel ihren Rüssel in den Schlund der Blüthe, um zum Honig zu gelangen, so wird die Platte am Connectiv nach hinten gedrückt. In Folge dessen tritt der obere Theil des Connectivs unter der Oberlippe hervor in die durch die punktirte Linie angedeutete Lage. Die geöffneten



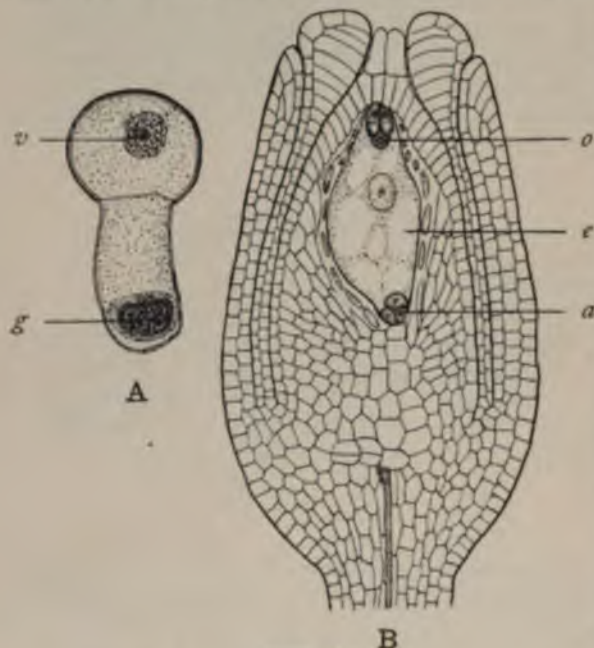
Figur 210.

A Blüthe von *Epipactis* von vorne gesehen. *p* Pollinarium, *r* Klebscheibe. **B** Vorderleib einer Wespe mit den auf der Stirn festgeklebten Pollinarien *p*. **C** Längsschnitt der Blüthe von *Salvia*. *f* Filament des Staubfadens, *a* Antherenhälfte, *p* Platte am Connectiv, *g* der noch nicht völlig entwickelte Griffel. Der Pfeil deutet die Richtung an, in welcher die Platte durch den Rüssel der Insekten verschoben wird. Die punktirte Linie zeigt die Stellung des Staubblattes beim Insektenbesuch.

Pollensäcke berühren dabei den behaarten Rücken des Insekts und bestäuben denselben mit Pollen. In den bestäubungsreifen Blüten der Art ragt der Griffel weit unter der Oberlippe hervor, so dass die Hummeln beim Besuch der Blüthe denselben mit ihrem Rücken streifen und den dort abgelagerten Pollen auf die Narbe übertragen.

In der Pollenzelle der Angiospermen wird schon früh eine kleine generative Zelle abgetrennt. Dieselbe ist anfangs durch eine Plasmahautschicht von der vegetativen Zelle getrennt; diese Membran wird aber sehr bald aufgelöst, so dass dann die generative Zelle frei in dem Protoplasma der vegetativen Zelle liegt (Fig. 211 A). Die Pollenzelle treibt auf der Narbe des Fruchtknotens einen Pollenschlauch, welcher durch das Gewebe des Griffels bis in die Mikropyle der Samenanlage vordringt und das aus der generativen Zelle gebildete Sperma in die Nähe der Eizelle leitet.

In dem Verhalten der Pollenkörner besteht, wie man sieht, noch eine gewisse Ähnlichkeit mit den Erscheinungen, welche wir bei den Gymnospermen kennen gelernt haben; die Vorgänge im Embryosack dagegen, welche zur Ausbildung des Eies führen, sind von der Endosperm- und Archegoniumbildung in jener Pflanzengruppe wesentlich verschieden. In einem gewissen Jugendstadium (vergl. Fig. 105 B) stellt der Embryosack der Angiospermen eine plasmareiche Zelle mit einem einzigen Zellkern dar, welche von dem Gewebe des Nucellus von allen Seiten umhüllt wird. Der Embryosackkern theilt sich alsbald ohne dass gleichzeitig eine Zelltheilung erfolgte.



Figur 211.

A Keimendes Pollenkorn einer angiospermen Pflanze. *v* Zellkern der vegetativen Zelle. Die generative Zelle *g* ist an die Spitze des kurzen Pollenschlauches gerückt (^{272/1}). **B** Längsschnitt durch eine befruchtungsreife, angiosperme Samenanlage. *e* Embryosack, *a* Antipoden, *o* Eizelle, welche theilweise von den Synergiden verdeckt wird (^{180/1}).

Die Tochterkerne rücken auseinander zu den Enden des meist etwas gestreckten Embryosackes und erfahren dort noch zweiaufeinanderfolgende Theilungen, so dass endlich vier Kerne an jedem Ende des Embryosackes liegen. Je drei Kerne jeder Gruppe umgeben sich mit Protoplasma und die so entstandenen Energiden grenzen sich durch Ausbildung einer Hautschicht gegen einander und gegen den übrigen Inhalt des Embryosackes ab. Die übrigbleibenden zwei Kerne wandern in dem Plasma des Embryosackes zur Mitte und verschmelzen dort zu einem einzigen Kern, den man weiterhin als sekundären Embryosackkern bezeichnet (Fig. 211 B). Von den

drei Zellen, welche an dem zur Mikropyle hin gerichteten Ende des Embryosackes gebildet wurden, ist die eine das Ei; die beiden andern werden als die Gehülfinnen oder Synergiden bezeichnet, sie spielen bei dem Vorgang der Befruchtung insofern eine Rolle, als sie den Uebertritt des Spermas aus dem Pollenschlauch in das Ei vermitteln. Die drei Zellen am entgegengesetzten Ende des Embryosackes bezeichnet man als die Antipoden. Sie scheinen rudimentäre Organe zu sein, vielleicht letzte Reste eines Prothalliums und haben für den Befruchtungsprozess keine weitere Bedeutung.

Nachdem die Eizelle durch den Uebertritt des Spermas aus dem Pollenschlauch befruchtet und zu weiterem Wachsthum angeregt worden ist, gehen die Synergiden und die Antipoden zu Grunde, von dem Embryosackkern aber geht eine erneute Zellbildung aus. Derselbe theilt sich in viele Kerne, welche sich im Protoplasma des Embryosackes vertheilen, und durch freie Zellbildung wird alsbald der ganze Raum des Embryosackes, soweit er nicht von dem sich entwickelnden Embryo eingenommen wird, mit parenchymatischen Zellen erfüllt, in denen sich Nährstoffe ablagern. Das so gebildete Nährgewebe wird Endosperm genannt, es liefert die Nährstoffe für das Wachsthum des Embryos und wird entweder bei der Ausbildung des Samens gänzlich aufgebraucht, oder es bleibt theilweise bis zur Samenreife erhalten und liefert später bei der Keimung die erste Nahrung für die junge Pflanze.

Während der Ausbildung des Embryos und des Endosperms gewinnt der den Embryosack erfüllende Gewebekomplex meistens bedeutend an Umfang, wobei das umhüllende Gewebe des Nucellus zusammengedrückt wird und schwindet. Nur bei wenigen Pflanzen ist noch im reifen Samen ein grösserer Theil des Nucellargewebes als Perisperm erhalten. Die Integumente der Samenanlage bilden sich zur Samenschale aus.

Die Entwicklung der Eizelle zum Embryo geht meistens in der Weise vor sich, dass die Eizelle zunächst zu einem kurzen Zellfaden auswächst, welcher an seinem unteren von der Mikropyle abgewandten Ende in einen Zellkörper übergeht, an welchen alsbald die Sprossspitze und die Anlage der ersten seitlichen Organe der Cotyledonen erkennbar wird. Der ausgereifte Same macht meist eine Ruheperiode durch und keimt später, indem der wachsende Embryo als Keimpflanze aus der zersprengten Samenschale hervortritt.

Die biologische Bedeutung der geschlechtlichen Fortpflanzung. — Die allgemeine Verbreitung, welche der durch die Zellverschmelzung charakterisirte Vorgang der geschlechtlichen Fortpflanzung im Pflanzenreiche sowohl als im Thierreiche besitzt, lässt uns schliessen, dass dieser Prozess von hoher Bedeutung für die Lebewesen sein muss.

Das Tochterindividuum ererbt von seinen Eltern gewisse Eigenschaften, welche bewirken, dass es den letzteren in Bau und Lebensverrichtung ähnlich wird. Als Träger dieser Vererbung ist die Substanz der Gameten, beziehungsweise die Substanz des Eies und der männlichen Sexualzelle anzusehen.

Die erblichen Anlagen, welche die beiden Sexualzellen von den Eltern mitbringen, gleichen sich nie vollkommen, ebenso wie ja auch die einzelnen Individuen einer Art niemals völlig gleich sind an Form und Ausbildung. Indem nun in dem Befruchtungsvorgang die Substanz der Sexualzellen und damit auch die von ihnen getragenen erblichen Eigenschaften sich mischen, findet ein Ausgleich der differenten Anlagen statt. Hervortretende Charaktereigenschaften, in denen die beiden Componenten sich abweichend verhalten, werden abgeschwächt, dagegen treten an dem Verschmelzungsprodukt, welches den Anfang des neuen Individuums bildet, diejenigen Eigenschaften deutlicher hervor, welche

beiden Componenten gemeinsam sind und welche die charakteristischen Merkmale der Art bilden.

Indem also bei der geschlechtlichen Fortpflanzung die von den Sexualzellen getragenen erblichen Eigenschaften sich mischen, wird ein einseitiges, sprunghaftes Abweichen der Nachkommenschaft von dem Typus vermieden und damit das Bestehen und die stetige Weiterbildung der Art gesichert. Schon wenn die Sexualzellen von demselben Individuum erzeugt sind, wie das z. B. bei den copulirenden Gameten von *Ulothrix*, bei der Zygosporienbildung von *Mucor* u. a. m. der Fall ist, muss der Einfluss der Vermischung der Eigenschaften auf die Stetigkeit der Entwicklung sich geltend machen, noch mehr aber wird derselbe zur Wirkung kommen, wenn Kreuzbefruchtung eintritt, d. h. wenn die verschmelzenden Sexualzellen verschiedener Individuen derselben Art entstammen.

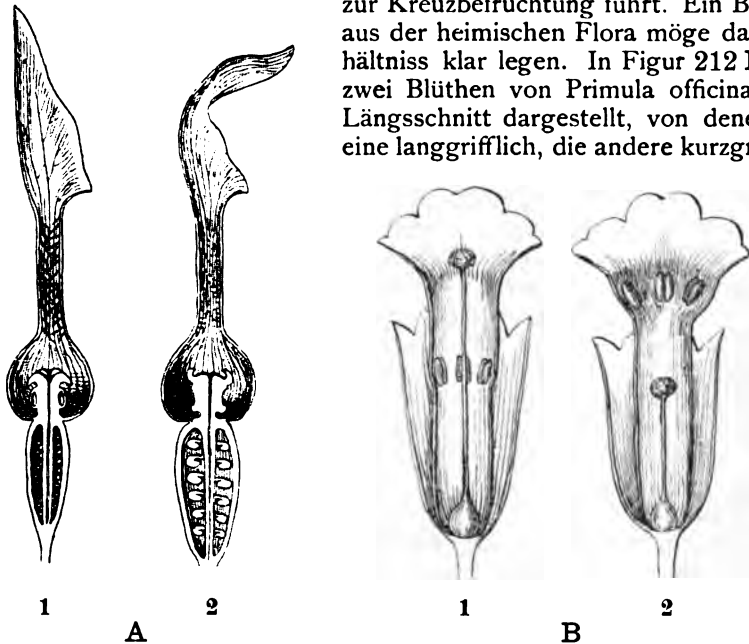
Eine weitverbreitete Einrichtung, welche die Kreuzbefruchtung zur ausnahmslosen Regel macht, ist die Vertheilung der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane auf verschiedene Individuen; Beispiele für dieses Verhalten finden wir in allen Pflanzengruppen. Man bezeichnet die Arten in dem Falle als diöcisch. Bei den Blütenpflanzen wird der gleiche Erfolg, d. h. das Eintreten der Kreuzbefruchtung oft noch auf anderem Wege erreicht. Häufig sind die Narben und Antheren in den Zwitterblüthen so angeordnet, dass im normalen Verlauf der Dinge der Pollen überhaupt nicht auf die Narbe derselben Blüthe gelangen kann. Sehr oft entwickeln sich ferner in den Zwitterblüthen die männlichen und die weiblichen Geschlechtsorgane zu verschiedenen Zeiten. Man bezeichnet dieses Verhältniss als Dichogamie; die Blüthen sind dann entweder protandrisch oder protogyn.

In protandrischen Blüthen, für welche die auf Seite 233 beschriebene und abgebildete Blüthe von *Salvia* als Beispiel dienen kann, wird der Pollen schon gereift abgegeben, bevor die Narbe des Fruchtknotens empfangnisstüchtig geworden ist. Die protogynen Blüthen entwickeln die Narbe des Griffels vor der Pollenreife; als Beispiel möge die in Figur 212A abgebildete Blüthe von *Aristolochia Clematitis* dienen. Die verwachsenblättrige Blütenhülle ist unten kesselförmig erweitert, darüber bildet sie eine enge Röhre, welche am oberen Rande in einen zungenförmigen Lappen ausläuft. An der Innenwand entspringen zahlreiche, rückwärtsgerichtete Haare. Von den inneren Blüthenheilen entwickelt sich zuerst die Narbe; sie ist bereits empfangnisstüchtig, wenn die junge Blüthe sich öffnet. Wenn Fliegen, welche mit Pollen aus einer älteren Blüthe beladen sind, in die soeben geöffnete Blüthe eindringen, so wird ihnen der Weg zu dem Blütenkessel durch die nach innen biegsamen Haare in der Röhre nicht versperrt, wohl aber verhindert der Haarbesatz die Insekten, auf dem gleichen Wege die Blüthe zu verlassen. Die Thiere sind für einige Zeit gefangen; bei ihren Bewegungen im Innern der Blüthe kommen sie mit der Narbe in Berührung und geben von dem mitgebrachten Pollen an dieselbe ab. Nach der Bestäubung rollen sich die Narbenlappen nach oben ein und die unter denselben der Griffelsäule angewachsenen Staubbeutel öffnen sich, um den reifen Pollen zu entlassen. Bei ihren Befreiungsversuchen werden die Insekten reichlich mit dem neuen Pollen

bepudert, bis endlich die Haare in der Schlundröhre verdorren und den Insekten den Ausweg frei geben. Kaum aus dem Gefängniss befreit, dringen die Fliegen aufs neue in frischgeöffnete Blüten ein, in denen sich dann dasselbe Spiel wiederholt.

Bei einigen Pflanzenarten ist das Längenverhältniss zwischen Staubblättern und Griffeln der Blüten nicht an allen Exemplaren das gleiche. Neben Pflanzen in deren Blüten die Griffel die Staubfäden überragen, stehen andere derselben Art, in deren Blüten die Narbe der Griffel tiefer steht als die Antheren. Diese als Heterostylie bezeichnete Eigenthümlichkeit der Arten ist gleichfalls als ein Mittel anzusehen, welches

zur Kreuzbefruchtung führt. Ein Beispiel aus der heimischen Flora möge das Verhältniss klar legen. In Figur 212 B sind zwei Blüten von *Primula officinalis* im Längsschnitt dargestellt, von denen die eine langgrifflich, die andere kurzgrifflich



Figur 212.

A Längsschnitt der protogynen Blüthe von *Aristolochia Clematidis*. 1. weibliches, 2. männliches Stadium (vergl. Text auf Seite 236). **B** Längsschnitt heterostyler Blüten von *Primula officinalis*. 1. langgriffliche, 2. kurzgriffliche Form (vergl. Text auf Seite 237).

ist. Die Antheren stehen bei der ersteren tief im Grunde bei der letzteren dem obern Rand der Kronröhre genähert. Ein Insekt, welches seinen Rüssel in eine kurzgriffliche Blüthe einführt, wird von den am Schlunde der Blüthe stehenden Antheren nur ganz oben mit Pollen beladen. Besucht das Insekt auch fernerhin kurzgriffliche Blüten, so kommt der aufgeladene Pollen niemals mit den tiefstehenden Narben in Berührung. Wohl aber findet die Bestäubung statt, sobald das Insekt zu einer langgrifflichen Blüthe kommt. Umgekehrt findet auch der aus einer langgrifflichen Blüthe aufgenommene Pollen nur für die Befruchtung einer kurzgrifflichen Blüthe Verwendung.

Endlich sei von den Einrichtungen zur Sicherung der Kreuzbefruchtung noch die Selbsterilität mancher Blüten erwähnt. Wenn in selbsterilen Blüten auch der Pollen der eigenen Staubblätter auf die Narbe gelangt, so tritt doch keine Befruchtung ein, bisweilen keimen die Pollenkörner überhaupt nicht. Sobald aber Pollen aus einer andern Blüthe derselben Art auf die Narbe gelangt, tritt regelrechte Keimung der Pollenkörner und Befruchtung ein.

Die mannigfaltigen Einrichtungen zur Sicherung der Kreuzbefruchtung lassen erkennen, dass dieser Vorgang für viele Gewächse von Wichtigkeit ist, unumgänglich nöthig ist aber die Kreuzbefruchtung zur Ausbildung entwicklungsfähiger Samen nur in wenigen Fällen. Bei vielen Blüten tritt Selbstbefruchtung ein, wenn die Kreuzbefruchtung ausgeblieben ist und für manche Blüten ist sogar die Selbstbefruchtung die Regel. So finden sich z. B. bei manchen Veilchenarten neben den grossen sich öffnenden Blüten, welche durch auffällige Färbung durch Honigabsonderung und durch die Form und Anordnung der Blüthentheile als Insektenblüten mit obligatorischer Kreuzbefruchtung erscheinen, kleine unscheinbare Blüten, welche stets geschlossen bleiben und deren Narbe also nur durch eigenen Pollen bestäubt werden kann. Diese kleinen Blüten werden kleistogame Blüten genannt; sie haben in manchen Fällen für die Fortpflanzung besondere Bedeutung. Während z. B. die grossen, duftenden, honigreichen Blüten der *Viola mirabilis* meist unbefruchtet verwelken, entwickeln sich aus den im Sommer an derselben Pflanze auftretenden kleistogamen Blüten fast ausnahmslos grosse Fruchtkapseln mit zahlreichen Samen.

Bei dem Transport des Pollens durch den Wind oder durch Thiere kann es nicht ausbleiben, dass gelegentlich der Pollen einer Pflanzenart auf die Narben einer andern Art übertragen wird. Das Verhalten des Pollens auf den fremden Narben kann dann ein sehr verschiedenes sein. In vielen Fällen keimen die fremden Pollenkörner überhaupt nicht, in andern Beispielen treiben dieselben wohl Pollenschläuche, diese gehen aber nach kurzer Zeit zu Grunde. Endlich kann aber auch und zwar nur zwischen nahe verwandten Pflanzenarten, durch den fremden Pollen eine Befruchtung herbeigeführt werden, welche zur Ausbildung von keimfähigen Samen den Anstoss gibt. Man bezeichnet diese sexuelle Vermischung zweier Arten als Bastardirung oder Hybridation. Die Bastarde, welche aus den durch Bastardirung erzeugten Samen erwachsen, zeigen eine Mischung der Eigenschaften beider Elternpflanzen. Häufig haben die Bastarde eine besonders kräftige Entwicklung ihrer vegetativen Organe, während das Vermögen zu geschlechtlicher Fortpflanzung geschwächt erscheint oder gänzlich fehlt. Besonders häufig schlagen die Staubblätter fehl, indem sie entweder gänzlich verkümmern, oder zu Blumenblätter umgewandelt werden. Der letztere Umstand wird von den Gärtnern vielfach benutzt, um gefüllte Blüten zu erzielen. Uebrigens kommen neben den sexuell geschwächten Bastarden, auch solche mit voll erhaltener Sexualität vor.

In der freien Natur kommen Bastardbildungen trotz der häufigen Verschleppung von Pollen auf fremde Narben selbst zwischen solchen

Pflanzen, bei denen künstliche Bastardirung leicht gelingt, verhältnissmässig selten vor. Es beruht das darauf, dass neben dem fremden Pollen fast regelmässig auch der eigene Pollen der Art auf die Narbe gelangt. Der letztere ist dann aber durch seine vollkommenere Anpassung an die auf der Narbe gebotenen Verhältnisse so sehr bevorzugt, dass er in der Entwicklung vorseilt und die Befruchtung ausführt, bevor der fremde Pollen mit seinen Pollenschläuchen die Samenanlagen erreicht. Als häufiger auftretende, wild wachsende Bastarde sind die Weidenmischlinge, die Bastarde von verschiedenen *Verbascum*-, *Rosa*-, *Rubus*- und *Cirsium*-Arten zu nennen.

Vereinzelte Pflanzen aus den verschiedenen Abtheilungen des Pflanzenreiches weichen insofern von dem normalen Verhalten ihrer nächsten Verwandten ab, als bei ihnen die als charakteristisches Merkmal bezeichnete Zellverschmelzung bei der Fortpflanzung nicht mehr stattfindet. Man bezeichnet diesen Verlust der Sexualität als Apogamie. Ein einfaches Beispiel bietet die weitverbreitete grüne Alge *Chara crinita*. Die Pflanze ist diöcisch, an weiblichen Exemplaren entwickeln sich zahlreiche Oogonien, deren Eizellen auch bei gänzlicher Abwesenheit männlicher Exemplare, ohne dass also das Eindringen eines Spermatozoids stattfindet, zu Oosporen werden und durch Keimung zur neuen Pflanze auswachsen. Unter den Farnen ist Apogamie bei *Pteris cretica* und wenigen andern nachgewiesen worden. Das Prothallium bildet hier keine Archegonien, sondern an deren Stelle wächst ein ungeschlechtlicher Embryo direkt aus dem Gewebe des Prothalliums hervor und entwickelt sich zur neuen Farnpflanze. Unter den Blütenpflanzen sind gleichfalls Beispiele von Apogamie bekannt. In den Blütenständen des Knoblauchs finden wir z. B. statt der Blüten kleine zwiebelartige Brutknospen und in den Blütenständen der *Poa alpina* entwickeln sich die Achsen der einzelnen Aehrchen, welche bei den verwandten Gräsern die Blüten tragen, zu kleinen wenigblättrigen Laubsprossen, welche sich später von der Mutterpflanze loslösen und zu selbstständigen Stöcken heranwachsen.

Eine auffällige Abweichung von dem normalen Vorgang der geschlechtlichen Fortpflanzung ist endlich noch bei *Funkia ovata*, einer Liliacee und einigen Andern beobachtet worden. Hier werden die männlichen und weiblichen Sexualorgane normal ausgebildet und die Eizelle wird in regelrechter Weise durch einen Pollenschlauch befruchtet. Aber nicht das befruchtete Ei wird zum Embryo, sondern einige nahe bei der Mikropyle liegende Zellen des Nucellus beginnen zu sprossen und bilden Gewebekörper, welche sich in den Embryosack hineindrängen und zu Embryonen werden. In Folge dieses Vorganges finden sich hier stets mehrere Embryonen im reifen Samen vor, eine Erscheinung, die man als Polyembryonie bezeichnet.

Dritter Abschnitt.

Specielle Botanik.

Die specielle Botanik hat die Aufgabe, die einzelnen Pflanzen kennen zu lehren, Form, Zusammensetzung und Lebensweise derselben zu beschreiben und die einzelnen Pflanzenarten nach ihren Eigenschaften zu einem wissenschaftlichen System zusammenzuordnen. Man unterscheidet künstliche und natürliche Pflanzensysteme. In den ersteren werden die Pflanzen nach willkürlich gewählten Merkmalen zu Gruppen vereinigt. Das bekannteste künstliche System ist dasjenige von Linné, in welchem die Blütenpflanzen als Phanerogamen nach der Zahl und Ausbildung ihrer Geschlechtsorgane in 23 Klassen vertheilt, während alle nicht blühenden Gewächse als Kryptogamen in der 24. Klasse vereinigt sind. Bei der Aufstellung natürlicher Systeme verfolgt man den Zweck, die Pflanzen nach ihrer natürlichen Verwandtschaft zu Gruppen zu vereinigen und diese Gruppen möglichst nach der Reihenfolge ihres entwicklungsgeschichtlichen Alters wie die Zweige eines Stammbaums aneinander zu stellen. Es gibt zur Zeit mehrere sogenannte natürliche Systeme, welche oft in wesentlichen Punkten von einander abweichen, ein Beweis, dass auch diese Systeme nicht ein unfehlbarer Ausdruck der in der Natur vorhandenen Verwandtschaftsverhältnisse der Pflanzen sind. Wer sich eingehender mit der speciellen Botanik beschäftigen will, wird nicht umhin können, die verschiedenen in Gebrauch befindlichen Systeme näher zu studiren. Für unsern Zweck genügt es, eine systematische Uebersicht der Hauptgruppen des Pflanzenreiches zu geben, welche, ohne an das Gedachtniss allzugrosse Anforderungen zu stellen, dem Anfänger ein Wegweiser durch das formenreiche Pflanzenreich sein kann und ihm gestattet, die in der Natur sich ihm darbietenden Einzelheiten in einen geordneten Zusammenhang zu bringen.

Wir theilen das Pflanzenreich in sechs Gruppen:

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| I. Thallophyta (Seite 241), | IV. Gymnospermae (Seite 283), |
| II. Bryophyta („ 268), | V. Monocotyledones { „ 286), |
| III. Pteridophyta („ 277), | VI. Dicotyledones { „ 293). |

I. Die Thallophyten oder Lagerpflanzen.

Der Vegetationskörper ist ein ein- oder mehrzelliger Thallus, der bisweilen eine Gliederung in Wurzel und Spross erkennen lässt. Die Wurzeln sind aber stets ohne Wurzelhaube und eine Gliederung des Sprosses in Sprossachse und Blätter kommt ausser bei einigen Algen nicht vor. Das Gewebe der aus Zellkörpern bestehenden Thallophyten ist wenig differenziert, Gefässbündel werden nirgends gebildet. Die Fortpflanzung erfolgt bei den niedersten Formen ausschliesslich auf ungeschlechtlichem Wege, bei den übrigen kommen daneben noch Zygosporienbildung, Oosporienbildung oder Karposporienbildung in allen Abstufungen und Uebergängen vor.

Die Gruppe der Thallophyten besteht aus zwei Abtheilungen: A. Algae (Algen), B. Fungi (Pilze). Als auffälligstes Unterscheidungsmerkmal zwischen diesen beiden formenreichen Abtheilungen können wir es ansehen, dass die Zellen der Algen Chlorophyll besitzen und also zur Assimilation befähigt sind, während die Pilze chlorophyllfrei sind und deswegen parasitisch oder saprophytisch leben. Das Vorhandensein oder Fehlen des Chlorophylls ist aber nur ein rein äusserliches, von biologischen Verhältnissen nicht unabhängiges Merkmal; in einzelnen Fällen werden wir deshalb, wenn Morphologie und Entwicklungsgeschichte eine nahe Verwandtschaft anzeigen, auch chlorophyllfreie Formen zu den Algen stellen müssen.

Als Anhang zu den Algen und Pilzen haben wir als dritte systematische Abtheilung der Thallophyten die Lichenes oder Flechten zu betrachten. Die Flechten sind keine einheitlichen Organismen, sondern ihr Vegetationskörper stellt die Vergesellschaftung eines Pilzes mit einer Alge dar.

A. Die Algen.

Die Algen sind meistens Wasserpflanzen oder Bewohner feuchter Orte; ihr Thallus ist ein- oder mehrzellig. Die Form und Gliederung der Vegetationsorgane ist sehr mannigfaltig, ebenso die Art der Fortpflanzung.

Wir unterscheiden sechs Reihen:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Schizophyceae (Seite 241), | 4. Phaeophyceae (Seite 250), |
| 2. Zygothyceae („ 244), | 5. Rhodophyceae („ 251), |
| 3. Chlorophyceae („ 247), | 6. Characeae („ 252). |

Erste Reihe: Die Schizophyteen.

Die Schizophyteen sind meist einzellig und häufig zu fadenförmigen, flächenförmigen oder körperlichen Colonieen von gleichwerthigen Zellindividuen verbunden. Seltener sind fadenförmige oder körperliche Individuen aus ungleichwerthigen Zellen. Der Zellinhalt ist wenig differenziert, ein Zellkern von der bei allen übrigen Pflanzen typischen Gestalt und Ausbildung fehlt, ebenso besondere Farbstoffträger. Die Zellwand neigt zur Verquellung und Gallertbildung. Die Fortpflanzung erfolgt ausschliesslich

auf ungeschlechtlichem Wege, nämlich durch vegetative Zweitheilung. Daneben kommt bei manchen Formen Bildung von Dauersporen vor

Hierher gehören zwei Ordnungen:

a) Cyanophyceae, b) Schizomycetes.

a) Die **Cyanophyceen** sind blaugrün oder schwarzlichgrün gefärbt, sie enthalten neben dem Chlorophyll noch einen blaugrünen Farbstoff, das Phycocyan. Beide Farbstoffe sind fast immer gleichmässig über den ganzen Zellinhalt vertheilt. Bei den fadenbildenden Formen erfolgt die Vermehrung der Zellen durch Zweitheilung, die Vermehrung der Fäden durch Fragmentation, indem Hormogonien gebildet werden.

Familien: Chroococcaceae, Oscillariaceae, Nostocaceae, Scytonemaceae, Sirosiphonaceae, Rivulariaceae.

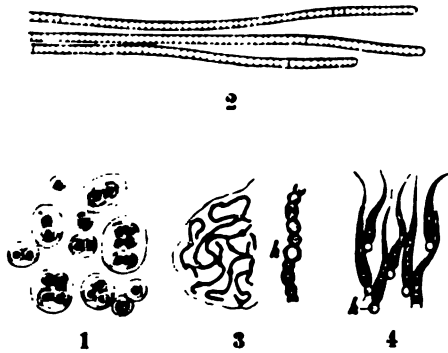
Die Familie der **Chroococcaceen** umfasst einzellige Formen, die entweder frei oder zu tafelförmigen oder klumpenförmigen Colonien vereinigt sind; Fadenbildung kommt nicht vor. Einige Arten der hierher gehörenden Gattungen *Gloeocapsa*, *Chroococcus* u. a. bilden häufig dünne, schleimige, spangrüne, bis-

weilen auch violette oder rothe Ueberzüge auf Mauern, Felsen, Erde, Holz an feuchten Orten (Fig. 213,1).

Die **Oscillariaceen** sind cylindrische, selbstbewegliche Fäden aus durchweg gleichartigen, scheibenförmigen Zellen (Fig. 213,2).

Die Familie der **Nostocaceen** enthält fadenbildende Formen, bei denen zwischen den vegetativen Zellen, einzelne andersgefärbte und geformte nicht mehr theilungsfähige

Grenzzellen oder Heterocysten eingeschoben sind. Die Fäden sind stets unverzweigt, häufig sehr lang und gewunden, oft in ein gallertartiges Lager von beträchtlicher Grösse eingebettet. Ueberall häufig auf feuchter Erde findet sich *Nostoc commune*, dasselbe stellt einen schwarzgrünen, welligfaltigen, bis handgrossen Gallertklumpen dar, der im Innern dicht von den perlschnurartigen, gewundenen Zellfäden erfüllt ist (Fig. 213,3).



Figur 213

Cyanophyceen. 1 *Gloeocapsa*. 2 *Oscillaria*, Fadensücke. 3 *Nostoc*, links Schnitt durch einen Teil einer Gallerte, rechts ein Fadensücke stärker vergrössert, 4 Heterocyste. 4 *Rivularia*, 4 Heterocysten.

Die Familie der **Rivulariaceen** umfasst die fadenbildenden Formen, deren Fäden am Grunde eine Heterocyste haben, am obern Ende aber allmählich in ein dünnes, farbloses Haar übergehen. Die Fäden bilden oft grössere in Gallerte eingeschlossene Colonien; die Vermehrung erfolgt durch Dauersporen und Hormogonien. In Figur 213,4 ist eine hierhergehörende *Rivularia* dargestellt.

b) Die **Schizomyceten** sind durchweg sehr kleine, einzellige Organismen von einfachstem Körperbau. Die Einzelzellen bleiben häufig zu Fäden verbunden, oft werden gallertartige Colonien, die man als Zoogloen bezeichnet, oder Kahmhäute auf der Oberfläche von Flüssigkeiten gebildet. Was die Gestalt der Zellen anbetrifft, so unterscheidet man Kugelformen oder Kokken, Kurzstäbchen oder Bakterien, Langstäbchen oder Bacillen, Schraubenformen oder Spirillen. Unter den Kokken

unterscheidet man nach der relativen Grösse Mikrokokken und Makrokokken. Bleiben die Kokken zu fadenförmigen Verbänden vereinigt, so bezeichnet man die Form als Streptococcus. Sind die Kokken nur unregelmässig zu lockeren Gruppen vereinigt, so heissen sie Staphylokokken. Bei der Sarcina-Form sind die nach drei Richtungen des Raumes sich theilenden Kokken regelmässig zu packetartigen Verbänden vereinigt. Die Schraubenformen werden, wenn sie lang ausgezogene Windungen haben, als Vibriolen bezeichnet, wenn aber die Windungen eng zusammengezogen und zahlreich sind, so nennt man die Form Spirochaete.

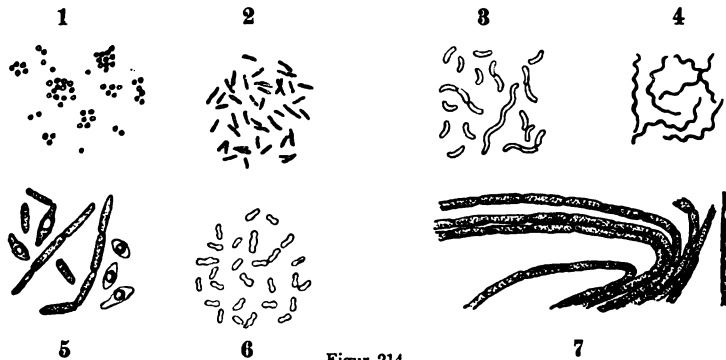
Manche Schizomyceten besitzen Cilien als Bewegungsorgane. Die Zellwand neigt zur Verquellung und Gallertbildung. Der Zellinhalt ist wie derjenige der Cyanophyceen ohne typischen Kern. Als durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal ist der gänzliche Mangel der bei den Cyanophyceen auftretenden Farbstoffe anzusehen.

Die Schizomyceten vermehren sich sehr ausgiebig durch Zweitheilung der Individuen. Sporenbildung ist nur beim kleineren Theil der Formen beobachtet worden. Bezüglich ihrer Ernährung sind die chlorophyllfreien Schizomyceten auf die Aufnahme organischer Nährstoffe angewiesen. Sie leben theils als Parasiten, theils als Saprophyten; sie vermögen durch ihren Ernährungsprocess in dem Substrat tiefgreifende Veränderungen hervorzurufen und werden dadurch zu Erregern von Seuche, Fäulniss oder Gährung.

Eine wissenschaftliche Systematik dieser kleinsten Lebewesen auf Grund der Verwandtschaftsverhältnisse existirt bisher nicht. Nach praktischen Gesichtspunkten kann man die folgenden vier Familien unterscheiden.

Familien: Coccaceae, Bacteriaceae, Leptothrichaceae, Cladothrichaceae.

Die Familie der Coccaceen umfasst die Formen, deren Zellen kugelig sind und keine Cilien besitzen. Hierher gehört der Micrococcus prodigiosus, welcher



Figur 214.

Schizomyceten ($1000\times$). 1 Staphylococcus pyogenes aureus. 2 Tuberkelbacillen. 3 Spirillum Cholerae asiaticae. 4 Spirochaete Obermeieri. 5 Bacillus butyricus, einzelne Exemplare mit Sporen. 6 Diphtheriebacillen. 7 Bacillus Anthracis, rechts einige Zellen mit Sporen.

bisweilen auf gekochten, stärkemehlhaltigen und eiweisshaltigen Substanzen blutrothe Schleimtröpfchen bildet. Der in Figur 214,1 abgebildete Staphylococcus pyogenes aureus verursacht Eiterung im menschlichen Körper.

Die Familie der **Bacteriaceen** wird von den Formen gebildet, deren Zellen längere oder kürzere, gerade oder gewundene Stäbchen darstellen. Von den saprophytischen Formen möge als häufigster der *Bacillus subtilis* genannt sein, der sich regelmässig in Heuaufgüssen einstellt. Von den Gährungserregern gehören unter andern hierher das *Bacterium aceti*, welches bei der Essigfabrikation die Oxydation des Alkohols zu Essigsäure bewirkt, und der *Bacillus butyricus* (Fig. 214,5), welcher die Ursache der Buttersäuregährung aus Zuckerarten und milchsauren Salzen ist. Als gefährliche Krankheitserreger sind bekannt: *Bacillus Tuberculosis* (Fig. 214,2), *Bacillus Diphtheriae* (Fig. 214,6), *Bacillus Anthracis* [Milzbrand] (Fig. 214,7), *Spirillum Cholerae asiaticae* (Fig. 214,3), *Spirochaete Obermeieri* [Rückfalltyphus] (Fig. 214,4).

Die **Leptothrichaceen** und die **Cladothrichaceen** sind fadenbildende Formen, bei ersteren sind die Fäden unverzweigt, bei den letzteren ist eine falsche Astbildung vorhanden. Als Vertreter der ersteren Familie mögen genannt sein *Leptothrix buccalis*, welche im Zahnschleim des Mundes lebt, und *Beggiatoa alba*, welche in verunreinigtem Wasser, besonders in Abzugsgräben aus Häusern und Fabriken weisse fluthende Rasen bildet. Im Zellinhalt treten zahlreiche, dunkle Schwefelkörner hervor. Als Vertreter der **Cladothrichaceen** sei *Cladothrix dichotoma* genannt, deren Fäden durch Bildung von Scheinästen wiederholt dichotom verzweigt sind. *Cladothrix* lebt in Sumpfwasser, an faulenden Algen und in Schmutzwässern aus Zuckerfabriken u. a. m.

Zweite Reihe: **Zygophyceen.**

Der Thallus besteht aus einer Zelle oder aus unverzweigten fadenförmigen Verbänden gleichwerthiger Zellen. Die Zellen enthalten im Protoplasma einen typischen Zellkern und band-, platten- oder sternförmige Farbstoffträger. Die einzelnen Zellen haben ein begrenztes Wachstum. Ausgiebige Vermehrung der Zellen erfolgt durch vegetative Zweitheilung. Daneben kommt geschlechtliche Fortpflanzung durch Verschmelzung zweier gleichartiger unbeweglicher Gameten vor.

Hierher gehören zwei Ordnungen:

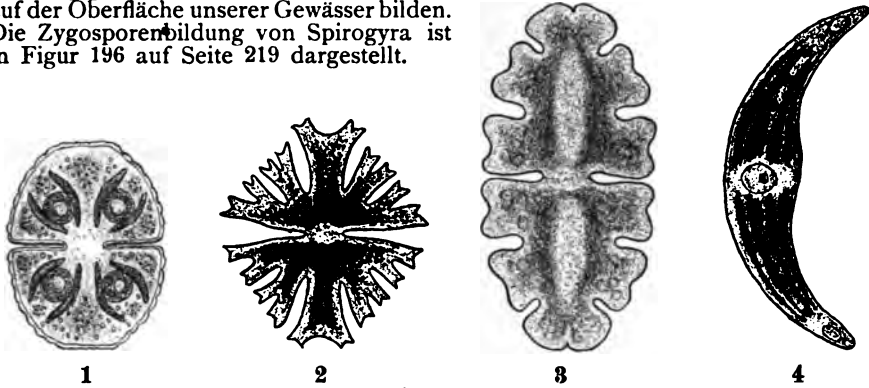
- a) **Conjugatae,** b) **Diatomaceae.**

a) Die **Conjugaten** sind freilebende frisch grün gefärbte Süßwasser-algen von sehr regelmässigem oft in hohem Grade zierlichem Körperbau, die Chloroplasten sind regelmässige, symmetrische Platten oder Spiralbänder, oder gepaarte sternartige Körper, an denen regelmässige, meist rosettenförmige Stärkeherde, sogenannte Pyrenoide vorhanden sind.

Familien: **Desmidiaceae, Zygnemaceae.**

Die Familie der **Desmidiaceen** enthält einzellige Formen, die meist einzeln leben, seltener zu leichtzerfallenden, kettenförmigen Bändern aneinandergereiht sind. Die Individuen sind cylindrisch oder spindelförmig, bisweilen mit hornartigen Fortsätzen, oder sie haben eine mehr kreisförmigen oder elliptischen Gesamtumriss und sind durch eine tiefe Einschnürung in zwei vollkommen symmetrische Hälften eingetheilt. Wo die Einschnürung fehlt, ist doch der Chlorophyllkörper symmetrisch im Innern der Zelle angeordnet. Bei der Zweitheilung tritt die Theilungswand stets in der Symmetrieebene auf. Die Zygosporenbildung findet in der Weise statt, dass zwei kreuzweise aneinander gelagerte Individuen nach Abwerfen der Zellwand mit einander verschmelzen und sich mit einer festen, oft durch regelmässige Auswüchse verzierten Membran umgeben. Von den hierher gehörenden Gattungen mögen *Cosmarium*, *Micrasterias*, *Euastrum* und *Closterium* als häufiger vorkommende Formen genannt sein. (Fig. 215).

Die Familie der **Zygnemaceen** umfasst die fadenbildenden Conjugaten. Die Zellen der Fäden sind cylindrisch und fest mit einander verbunden. Die häufigsten Gattungen sind *Spirogyra* und *Zygnema*, von denen manche Arten im Frühling grosse frischgrüne Schlamminseln auf der Oberfläche unserer Gewässer bilden. Die Zygosporenbildung von *Spirogyra* ist in Figur 196 auf Seite 219 dargestellt.



Figur 215.

Conjugaten. 1 *Cosmarium Botrytis*. 2 *Micrasterias Crux melitensis*. 3 *Euastrum oblongum*. 4 *Closterium moniliferum*.

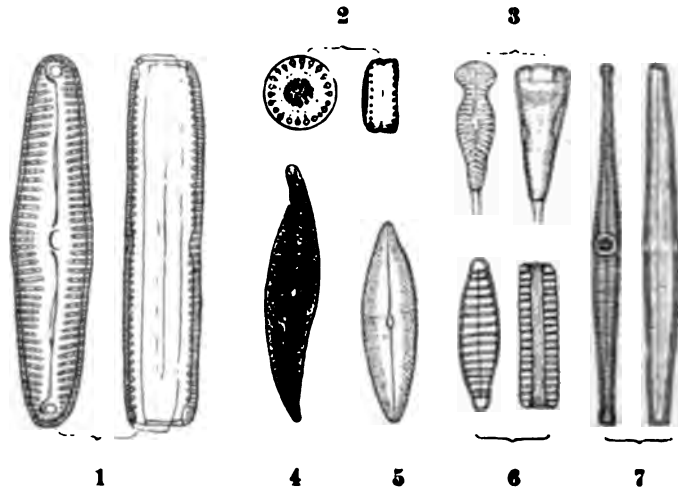
b) Die **Diatomaceen** sind dadurch ausgezeichnet, dass ihre körnigen oder plattenförmigen Chromatophoren ausser grünem Farbstoff noch einen braunen als Diatomin bezeichneten Farbstoff enthalten und dass in ihren Zellen keine Stärke als Assimilationsprodukt gebildet wird. Die Zellwände sind so von Kieselsäure durchdrungen, dass sie unvergänglich sind und selbst beim Glühen ein zusammenhängendes Skelett hinterlassen, welches genau den Umfang und die Form der lebenden Zellwand hat. Jede Zelle besteht aus zwei ungleichgrossen Schalen, welche wie der Deckel und der untere Theil einer Schachtel in einander geschoben sind. Man kann danach an jedem Individuum zwei Hauptansichten unterscheiden: die Schalen- und die Gürtelbandseite, an welcher die ineinandergeschobenen Ränder der beiden Schalen sichtbar sind (Fig. 216, 1). Die Schalen sind mit zierlichen Skulpturen versehen. Bei der Theilung behält jede Zellehälfte eine der Schalen und bildet zu derselben eine zweite innere Schale von gleicher Form aus. Daher kommt es, dass immer das eine der beiden bei der Theilung entstehenden Tochterindividuen um ein geringeres kleiner ist, als die Mutterzelle. Die eine der bei einer Theilung entstehenden Entwicklungsreihen muss also immerfort zu kleineren Individuen führen. Wenn aber die Zellen auf ein Minimum der Grösse herabgesunken sind, so werden in den typischen Fällen durch Kopulation zweier Zellen sogenannte Auxosporen gebildet. Die copulirenden Zellen umgeben sich mit einer Gallerthülle und werfen ihre Schalen ab. Aus dem verschmelzenden Protoplasma beider Zellen werden dann eine oder zwei Auxosporen gebildet, welche auf die ursprüngliche Grösse heranwachsen und sich mit neuen Schalen umgeben. In vielen Fällen geht die Auxosporenbildung ohne Kopulation vor sich, indem zwei in einer Gallerthülle neben einander-

liegende Zellen ihre Schalen abwerfen und ohne zu verschmelzen, jede für sich zur Auxospore heranwachsen. Endlich kann auch eine einzelne Zelle nach Abwerfen der Schalen zur Auxospore werden.

Viele Diatomaceen leben frei und sind selbstbeweglich, einige sind mit Gallertstielen am Standort befestigt. Die unzerstörbaren Kieselschalen der Diatomaceen bilden an manchen Stellen der Erdoberfläche mächtige Lager; die als Kieselguhr bezeichnete Substanz findet verschiedenartige technische Verwendung.

Familien: Melosiraceae, Fragillariaceae, Cocconeidae, Cymbellaceae, Surirellaceae, Naviculaceae.

Die **Melosiraceen** haben körnige Farbstoffträger, ihre Schalenseite ist radiär, wie die in Fig. 216,2 abgebildete *Cyclotella* zeigt. Auch bei den **Fragillariaceen** sind körnige Farbstoffträger vorhanden, die Schalen sind aber bilateral gebaut. Ein Beispiel giebt die Gattung *Diatoma* (Fig. 216,6).



Figur 216.

Diatomaceen (vergrössert). 1 *Pinnularia viridis*. 2 *Cyclotella operculata*. 3 *Gomphonema constrictum*. 4 *Pleurosigma Aestuarii*. 5 *Navicula palpebralis*. 6 *Diatoma vulgare*. 7 *Synedra pulchella*. Wo eine Art durch zwei Figuren dargestellt ist, ist links die Schalenseite, rechts die Gürtelbandseite gezeichnet.

Bei den übrigen vier genannten Familien ist der Farbstoff an plattenförmige Träger gebunden. Die **Cocconeidae** haben eine einzige schalenständige Platte. Die **Cymbellaceen** haben eine Platte, welche der Gürtelbandseite anliegt. Hierher gehört die in Fig. 216,3 abgebildete Gattung *Gomphonema*, deren Individuen auf verzweigten Gallertstielen festsitzen. Bei den **Surirellaceen** sind zwei schalenständige Platten vorhanden. Die hierher gehörende *Surirella Gemma* wird wegen der feinen Struktur ihrer Schale als Prüfungsobjekt für Mikroskoplinsen verwendet. Auch die Gattung *Synedra* Fig. 216,7 gehört zu dieser Familie.

Die **Naviculaceen** endlich haben zwei seitlich gestellte Farbstoffplatten. Hierher gehören die in Fig. 216,1, 4 und 5 abgebildeten Gattungen *Pinnularia*, *Pleurosigma* und *Navicula*. *Pleurosigma angulatum* wird, wie die obengenannte *Surirella* als Testobjekt für Mikroskope benutzt.

Dritte Reihe: Die Chlorophyceen.

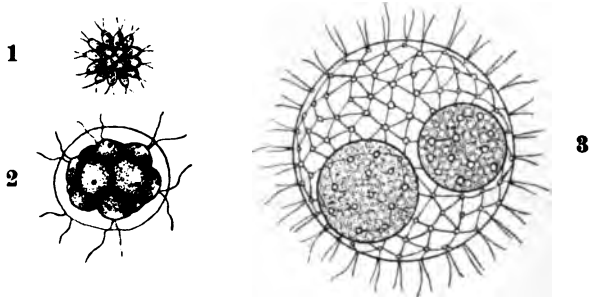
Neben einzelligen Formen finden sich Zellfäden und Zellflächen. Der Zellinhalt besitzt Zellkern und Farbstoffträger. Ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Schwärmsporen. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist isogam oder oogam. Die männlichen Gameten sind birnförmig und tragen zwei Cilien an der Spitze.

Hierher gehören vier Ordnungen:

a) Volvocineae, b) Protococcoideae, c) Siphoneae, d) Confervaceae.

a) Die **Volvocineen** sind einzellig oder zu mehrzelligen Colonieen vereinigt. Die vegetativen Zellen sind durch den Besitz zweier Cilien ausgezeichnet, durch welche die Zellen oder Zellcolonien in Bewegung gehalten werden.

Die **Volvocineen** bilden eine gleichnamige Familie. Zu den einzeln lebenden Formen gehört *Sphaerella nivalis*, die Alge, welche im hohen Norden und auf den höheren Gebirgen die Erscheinung des rothen Schnees verursacht. Die bei uns häufiger auftretenden Gattungen *Gonium* und *Pandorina* bilden, erstere tafelförmige, letztere elliptische Colonien aus 16 gleichwerthigen Zellen. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt hier durch Gametencopulation. In der Gattung *Volvox* sind zahlreiche, oft mehrere tausend Zellen zu einer Colonie vereinigt, welche eine gallertartige Hohlkugel darstellt. Die Zellen sind ungleichwerthig, die meisten sind rein vegetativ und unfruchtbar, einige werden zu Oogonien mit je einer Eizelle, andere werden zu Antheridien, in denen 64 oder 128 kleine Spermatozoiden entstehen. Ausserdem sind einige besonders grosse Zellen in jeder Colonie vorhanden, welche auf ungeschlechtlichem Wege, durch einfache Theilung je eine neue Colonie bilden (Fig. 217).



Figur 217.

Volvocineen. 1 *Gonium pectorale*. 2 *Pandorina Morum*. 3 kleine Colonie von *Volvox aureus* mit zwei ungeschlechtlich entstandenen Tochtercolonien (nach Klein.) (189/1).

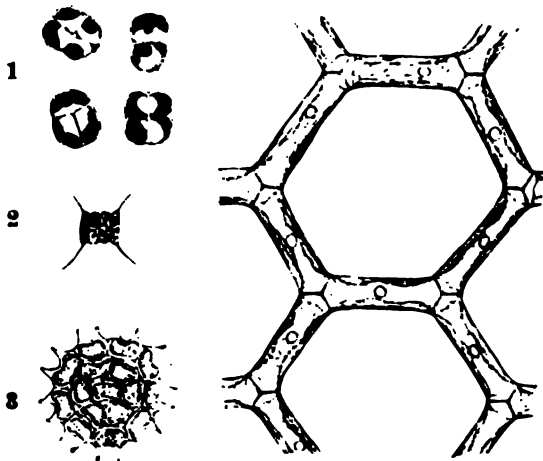
b) Die **Protococcoideen** schliessen sich den Volvocineen nahe an. Sie sind ebenfalls einzellige Algen, welche entweder einzeln leben, oder zu Familien verbunden sind. Sie besitzen indess im vegetativen Zustande keine Cilien, die geschlechtliche Fortpflanzung ist auch hier entweder isogam oder oogam.

Familien: Tetrasporaceae, Protococcaceae, Pleurococcaceae, Hydrodictyaceae.

Zur Familie der **Pleurococcaceen** gehört die überall häufige Gattung *Pleurococcus*. *Pleurococcus vulgaris* bildet grüne, krustig-staubige Ueberzüge an Baumstämmen und feuchten Mauern (Fig. 218,1).

Die Familie der **Hydrodictyaceen** ist gleichfalls überall durch einige

Gattungen vertreten. *Scenedesmus quadricauda* bildet 2- bis 16-zellige Colonien, deren eiförmige oder elliptische Zellen mit ihren Längsseiten zu einfachen Reihen verbunden sind (Fig. 218, 2). Der Inhalt einzelner Zellen theilt sich in eine Anzahl



Figur 218.

Protococcoideen (vergrössert). 1 Pleurococcus. 2 *Scenedesmus quadricauda*. 3 *Pediastrum*. 4 Eine Masche aus dem Netz von *Hydrodictyon reticulatum* (^{250,1}).

von Sporen, welche sich schon im Innern der Mutterzelle zu einer neuen Colonie aneinanderlegen. *Pediastrum* bildet kreisrunde scheibenförmige Colonien, welche aus 4, 8, 16, 32 oder 64 Zellen bestehen (Fig. 218, 3). Neue Colonien werden in ähnlicher Weise wie bei *Scenedesmus* gebildet. *Hydrodictyon* besteht aus cylindrischen mehrkernigen Zellen, welche zu vielen zu einem hohlen Netz, oft von mehreren Centimetern Länge verbunden sind. Neue Netze entstehen, indem der Inhalt einer Zelle zu zahlreichen Schwarmsporen wird, welche schon in der Mutterzelle zur Ruhe kommen und zu einem Netz zusammen-

treten. Die geschlechtliche Fortpflanzung geschieht durch Gametencopulation. Die Gameten, welche in grosser Zahl in einer Mutter-

zelle gebildet werden, schwärmen aus und copuliren paarweise. Die gebildete Zygospore entwickelt aus ihrem Inhalt 2-5 Schwärm-sporen. Im Innern derselben bildet sich, wenn sie zur Ruhe gekommen sind, in ähnlicher Weise, wie bei der vegetativen Vermehrung der Colonien, ein neues Netz.

c) Die **Siphoneen** schliessen sich in ihren niedersten Formen an die **Protococcaceen** an. Der Thallus gewinnt oft beträchtliche Ausdehnung und ist bisweilen reich gegliedert, er besteht aber immer nur aus einer einzigen schlauchartigen Zelle mit vielen Zellkernen.

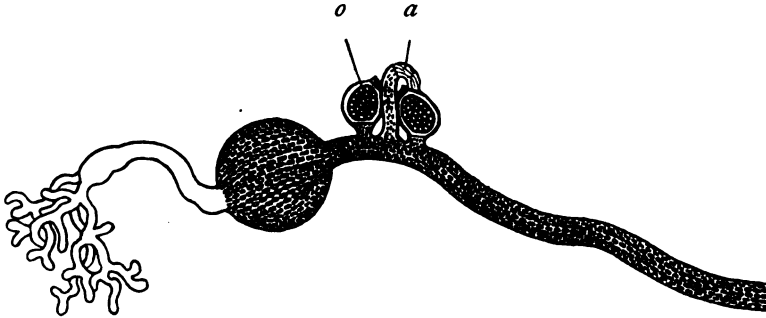
Familien: *Botrydiaceae*, *Dasycladaceae*, *Bryopsidaceae*, *Codiaceae*, *Vaucheriaceae*.

Zur Familie der **Botrydiaceen** gehört die kleine einheimische Grünalge *Botrydium granulatum*, welche in Fig. 1 und 189 abgebildet ist und deren ungeschlechtliche Fortpflanzung auf S. 212 geschildert wurde. Neben der Schwärm-sporenbildung kommt bei *Botrydium* noch geschlechtliche Fortpflanzung durch Verschmelzung gleichgestalteter Schwärmgameten vor.

Die **Dasycladaceen**, **Bryopsidaceen** und **Codiaceen** sind Meeressalgen; zu den *Bryopsidaceen* wird die in Fig. 71 abgebildete *Caulerpa prolifera* gerechnet.

Die **Vaucheriaceen** haben einen fadenförmigen, unregelmässig verzweigten Thallus, der mit einem kurzen Haftorgan an der Unterlage befestigt ist. Die einzige Gattung ist *Vaucheria*, deren Arten theils im Wasser, theils rasenbildend auf feuchter Erde leben. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärm-sporen vermittelt, welche aus dem Inhalt einer durch Querwand abgegliederten Zelle an der Spitze einzelner Thallusäste durch Zellverjüngung entstehen. Die Schwärm-sporen sind sehr gross, vielkernig und mit zahlreichen paarweise stehenden Cilien bedeckt. Sie wachsen, wenn sie zur Ruhe gekommen sind, direkt zum neuen Thallus aus. Die Geschlechtsorgane sind Oogonien und Antheridien. Erstere sind kurze, kugelförmig angeschwollene Seitenäste des Thallus, deren Inhalt zu

einer Eizelle wird. Die Antheridien entstehen meist in unmittelbarer Nachbarschaft der Oogonien als Thallusäste, welche sich bei manchen Arten posthornartig krümmen. In dem oberen, durch eine Querwand abgetrennten Ende des



Figur 219.

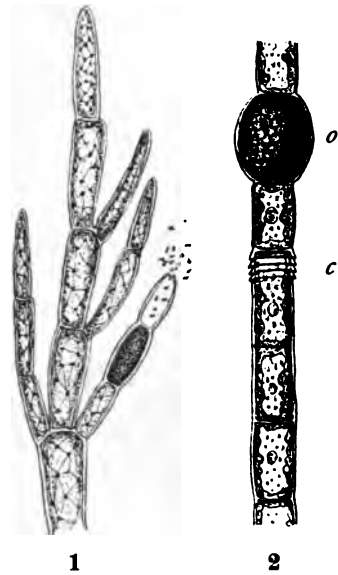
Ein kleines Stück des Thallus von *Vaucheria*. o Oogonium, a Antheridium. (Nach Sachs.)

Antheridienastes entstehen zahlreiche kleine Spermatozoiden, welche ausschwärmen und durch eine im Oogonium entstandene Oeffnung zum Ei gelangen. Die Oospore macht vor der Keimung eine Ruheperiode durch.

d) Die **Confervaceen** sind mehrzellige Algen. Ihr Thallus ist ein einfacher oder verzweigter Zellfaden oder eine Zellfläche. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärmsporen vermittelt, die geschlechtliche Fortpflanzung geht in den einfacheren Fällen durch Gametencopulation vor sich, bei den höheren Formen werden Eizellen gebildet, die durch Spermatozoiden befruchtet werden.

Familien: *Ulvaceae*, *Ulothrichaceae*, *Cladophoraceae*, *Chaetophoraceae*, *Oedogoniaceae*, *Sphaeropleaceae*, *Coleochaeteae*.

Die **Ulvaceen** bilden ein- oder zweischichtige Zellflächen oder schlauchartige Zellverbände. Die **Ulothrichaceen** sind unverzweigte Zellfäden, welche in der Regel an einer Unterlage festsitzen. Hierher gehört die auf Seite 217 und 218 besprochene und abgebildete *Ulothrix zonata*. Die **Cladophoraceen** bestehen aus verzweigten Zellfäden mit Spitzenwachstum. In jeder Zelle sind zahlreiche Kerne vorhanden (Fig. 220,1). Manche Vertreter der Gattung *Cladophora* sind Meeresalgen, andere, wie *Cladophora glomerata*, bilden in süßem Wasser dichte fluthende Rasen. Die **Chaetophoraceen** bilden gleichfalls verzweigte Zellreihen, aber jede Zelle besitzt nur einen Zellkern. Die **Oedogoniaceen** sind einfache oder seltener



Figur 220.

Confervaceen. 1 Thallusast von *Cladophora*, rechts unten ein Seitenast, dessen Zellen Schwärmsporen bilden ($^{180}/_1$). 2 Fadenstück von *Oedogonium*. o Ein Oogonium, c die bei der eigenartigen Zelltheilung gebildeten Kappen. ($^{100}/_1$).

verzweigte Zellfäden. Die Zelltheilung geht in besonderer Weise vor sich, indem die alte Zellwand durch einen ringförmigen Riss in zwei ungleiche Theile zerlegt wird, zwischen denen sich ein neues Wandstück einschiebt. Inzwischen hat sich auch der Zellinhalt getheilt und durch eine Querwand getrennt. Die Fortpflanzung geschieht ungeschlechtlich durch Schwärmsporen, welche einen Kranz von Cilien um das hyaline Ende tragen; als Geschlechtsorgane treten Antheridien und Oogonien auf. Die keimende Oospore bildet zuerst 4 Schwärmsporen, welche zu neuen Fäden auswachsen. Die **Sphaeropleaceen** sind unverzweigte Zellfäden aus sehr langen cylindrischen Zellen. Die Befruchtung ist oogam. Die Oospore überwintert und bildet bei der Keimung Schwärmsporen. Bei den **Coleochaeteen** besteht der Thallus aus verzweigten Zellfäden, welche zu scheiben- und polsterförmigen Rasen vereinigt sind. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch Schwärmsporen. Die Geschlechtsorgane, Antheridien und Oogonien sind hoch entwickelt; letztere tragen einen als Empfängnisapparat dienenden Schlauchfortsatz. Hierher gehört die auf Seite 223 besprochene und abgebildete *Coleochaete pulvinata*.

Vierte Reihe: Die Phaeophyceen.

Neben mikroskopischen Formen mit fadenartigem Thallus kommen reichgegliederte Formen von bisweilen riesigen Dimensionen vor. Die höchstentwickelten Arten sind in Spross und Wurzel gegliedert und bisweilen wird der Spross durch nachträgliche Spaltung der Thallusfläche in einen achsenartigen Theil und blattähnliche Assimilationsflächen zerlegt. Die Zellen enthalten neben dem Chlorophyll einen braunen Farbstoff, das Phycophaein, welches die braune Färbung des Thallus verursacht.

Die Phaeophyceen sind Meeresalgen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Schwärmsporen vermittelt, geschlechtliche Fortpflanzung ist nur bei einem Theil der hierher gehörenden Arten bekannt, sie steigt von der Copulation gleicher beweglicher Gameten durch alle Stufen zur Befruchtung eines unbeweglichen Eies. Die Schwärmsporen und die selbstbeweglichen Sexualzellen tragen die Cilien nicht an der Spitze, sondern seitlich an der Basis des hyalinen Endes der birnförmigen Körper. Die Verschmelzung der Gameten findet stets ausserhalb der Mutterpflanze statt.

Trotz der Mannigfaltigkeit der Formen und der Entwicklungsvorgänge lassen sich die Phaeophyceen zu einer einzigen Ordnung vereinigen.

Familien: Ectocarpaceae, Sphacelariaceae, Cutleriaceae, Laminariaceae, Fucaceae.



Fig. 221

Laminaria digitata. (1.)

Die **Ectocarpaceen** haben einen fadenförmigen Thallus. Hierher gehört die Gattung *Ectocarpus* vergl. Seite 221. Zu den **Sphacelariaceen** gehört das auf Seite 100 abgebildete *Stypocaulon*. Die **Cutleriaceen** haben einen mehrschichtigen, flächenförmigen Thallus mit Randwachsthum. Die Befruchtung ist auf Seite 221 bei der hierhergehörenden Gattung *Zanardinia* geschildert. Die **Laminariaceen** haben einen hochgegliederten Thallus. Auf einem wurzelähnlichen

Haftorgan erhebt sich ein cylindrischer Theil, welcher an seiner Spitze eine grosse, laubartige, einfache oder zertheilte Fläche trägt. An der Basis der Fläche ist ein theilungsfähiges Gewebe vorhanden, welches alljährlich eine neue Blattfläche erzeugt, während die vorjährige zu Grunde geht. Der cylindrische Stiel hat ein secundäres Dickenwachsthum. Einige Arten erreichen eine riesige Grösse; der Thallus von *Macrocystis* wird mehrere hundert Meter lang. Die Stiele von *Laminaria digitata* liefern die zu chirurgischen Zwecken verwendeten *Stipites Laminariae*. Geschlechtliche Fortpflanzung ist bei den *Laminariaceen* nicht bekannt. Die Familie der **Fucae** ist die höchst entwickelte. Der lederartige Thallus ist dichotom oder fiederartig verzweigt. Häufig sind an demselben regelmässige, blasenförmige Auftreibungen vorhanden, welche als Schwimmorgane dienen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung ist unbekannt. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist oben auf Seite 222 an dem Beispiel von *Fucus* geschildert worden. Als häufig vorkommende Art möge noch *Sargassum bacciferum* genannt werden, das in allen Meeren grosse schwimmende Inseln aus losgerissenen Exemplaren bildet.

Fünfte Reihe: Die **Rhodophyceen** oder **Florideen**.

Die einfachsten Formen sind verzweigte Zellreihen, bisweilen kommt eine Gewebebildung durch Verschmelzung ursprünglich getrennter Aeste zu Stande. Bei andern ist der Thallus eine Zellfläche oder ein strang- oder flächenartiger Gewebekörper, der sich bei manchen Formen vielfach verästelt. In allen Fällen wird das Spitzenwachsthum durch eine Scheitelzelle vermittelt. Der Zellinhalt führt einen rothen Farbstoff, das *Phycoerythrin*, welcher den grünen Farbstoff verdeckt. In Folge dessen erscheinen die Florideen im frischen Zustande meist roth oder violett gefärbt, seltener sehen sie schmutziggriin oder schwärzlich aus. Die meisten Florideen leben im Meere, oft in beträchtlicher Tiefe, einige wenige sind Süsswasserbewohner.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch unbewegliche Sporen vermittelt, welche oft zu vier in einem Sporangium entstehen, sie heissen dann *Tetrasporen*. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt durch *Karposporen*bildung. Die männlichen Geschlechtsorgane sind *Antheridien*, welche *Spermarien* erzeugen. Das weibliche Geschlechtsorgan ist ein *Procarp* mit einem fadenförmigen Empfängnissapparat, dem *Trichogyn*.

Die Florideen bilden eine einzige Ordnung.

Familien: *Bangiaceae*, *Nemaliaceae*, *Cryptoniaceae*, *Rhodymeniaceae*, *Gigartinaceae*.

Zur Familie der **Nemaliaceen** gehört die Gattung *Nemalion*, deren Befruchtungsvorgang auf Seite 224 geschildert worden ist. Häufiger vorkommende Süsswasseralgae, welche derselben Familie angehören, sind *Batrachospermum* und *Lemanea*. Zu den **Rhodymeniaceen** gehört *Lejolisia mediterranea*, von welcher ein Zweigstück mit *Tetrasporen* in Figur 191 abgebildet ist. Die Familie der **Gigartinaceen** enthält einige Algenarten, welche unter dem Namen »Carrageen« oder »irländisch Moos« dem Arzneischatz angehören, nämlich *Gigartina mamillosa* und *Chondrus crispus*, welche beide an den Küsten Westeuropas besonders bei Irland eingesammelt werden. Arten



Figur 222.

Gigartina mamillosa.

von *Gigartina* liefern neben anderen Algen auch das aus Japan und China bei uns eingeführte Agar-Agar, welches zur Herstellung fester Nährboden für Bakterienkulturen verwendet wird.

Sechste Reihe: Die Characeen.

Die Characeen bilden eine engumgrenzte, scharf charakterisirte Reihe. Ihr Vegetationskörper ist ein bewurzelter, aufrechter Spross mit Scheitelwachsthum. Der Spross ist regelmässig in Knoten und Internodien gegliedert. An jedem Knoten entspringt ein Quirl von Blättern, welche ein begrenztes Wachsthum besitzen. Der Spross verzweigt sich monopodial aus den Knoten. In den Zellen des Sprosses und der Blätter sind ein Zellkern und zahlreiche wandständige Chlorophyllkörper vorhanden, welche der Pflanze eine frischgrüne Farbe geben. Eine ungeschlechtliche Vermehrung kann durch Fragmentation erfolgen, indem isolirte Knoten des Sprosses sich

bewurzeln und einen neuen Spross erzeugen. Als Geschlechtsorgane treten an den Blättern Antheridien und Oogonien auf. Die in ersteren gebildeten Spermatozoiden sind schraubenförmig gewunden und tragen zwei Cilien an der Spitze. Die Eizelle des Oogoniums ist durch dicht angeschmiegte Aeste, welche unterhalb der Eizelle entspringen, berindet. Bei der Keimung der Oospore entwickelt sich zuerst ein einfach gebauter Vorkeim, an dem die neue Pflanze als seitlicher Ast entsteht.

Die Characeen bilden nur eine einzige Familie mit wenigen Gattungen.



Figur 223

A Sprossstück von *Chara contraria*. **B** Ein Stengelknoten, von dem die Blätter bis auf eines fortgeschnitten sind. (schwach vergrößert.) An dem Blatt stehen Oogonien und Antheridien.

oder theilweise von Zellschläuchen, welche aus den Knoten entspringen, in verschiedener Weise berindet werden. *Chara fragilis* und *Chara foetida* sind überall in Süßwassertümpeln anzutreffen.

B. Die Pilze.

Mit Ausnahme der Schleimpilze, welche aus nackten Protoplasma-massen bestehen, und abgesehen von einigen niedern Formen, ist der Vegetationskörper der Pilze aus verzweigten Fäden zusammengesetzt, welche als Hyphen bezeichnet werden. Die Gesamtheit der Hyphen,

welche sich in oder auf dem Nährboden ausbreiten, heisst das Mycelium oder kurz das Mycel des Pilzes. Bisweilen werden durch Verflechtung der Hyphen pseudoparenchymatische Gewebekörper gebildet. Die Zellen der Pilze besitzen typische Zellkerne im Protoplasma und eine Zellwand aus Pilzcellulose. Entsprechend dem Chlorophyllmangel sind die Pilze entweder Saprophyten oder Parasiten.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Sporen oder Conidien vermittelt, erstere sind bei einigen Formen mit Cilien versehen und selbstbeweglich, meistens aber unbeweglich. Geschlechtliche Fortpflanzung ist nur in der Gruppe der Phycomyceten bekannt. Dieselbe besteht in Zygosporen- oder Oosporenbildung durch Verschmelzung unbeweglicher Gameten.

Wir unterscheiden vier Reihen:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. Myxomycetes (Seite 253), | 3. Ascomycetes (Seite 257), |
| 2. Phycomycetes („ 255), | 4. Basidiomycetes („ 260). |

Erste Reihe: **Die Myxomyceten oder Schleimpilze.**

Der Vegetationskörper der Schleimpilze ist ein Plasmodium, d. h. eine zellwandlose Protoplasmamasse, welche sich unter steter Formänderung kriechend in und auf dem Substrat bewegt. In dem körnigen Protoplasma sind zahlreiche Zellkerne zerstreut. Geschlechtliche Fortpflanzung ist nicht vorhanden. Die Entwicklungsgeschichte ist von derjenigen aller übrigen Pflanzen wesentlich verschieden. Die Sporen sind kugelige Zellen mit fester Wand. Aus den keimenden Sporen gehen meist Schwärmer hervor, welche sich mittelst einer Cilie bewegen. Nach dem Verlust der Cilie gehen die Schwärmer in einen amöbenartigen Zustand über; die als Myxamöben bezeichneten Körper bewegen sich unter Pseudopodienbildung. Sie wachsen unter Aufnahme organischer Nährstoffe und vermehren sich durch vegetative Zweitheilung. Später kriechen die Myxamöben zusammen und bilden ein Plasmodium. Von dem Plasmodium werden neue Sporen gebildet, indem entweder die ganze Plasmamasse in rundliche Zellen zerfällt, oder indem aus dem Plasmodium zapfen- oder kapselartige Sporangien entstehen, an oder in denen die Sporen gebildet werden. In den kapselartigen Sporangien ist neben den Sporen häufig noch ein Knäuel von einzelnen oder netzartig verbundenen Strängen vorhanden, welches Capillitium genannt wird.

Man unterscheidet drei Ordnungen:

- a) Acrasiae, b) Phytomyxinae, c) Myxogasteres.

a) Die **Acrasieen** bilden eine kleine Abtheilung, deren Arten sich von den übrigen Myxomyceten dadurch wesentlich unterscheiden, dass die zum Plasmodium zusammentretenden Myxamöben nicht vollkommen verschmelzen, sondern gewissermassen nur einen Amöbenhaufen bilden. Man bezeichnet zum Unterschied von den durch Verschmelzung der Amöben gebildeten Fusionsplasmodien der übrigen Myxomyceten den Vegetationskörper der Acrasieen als Aggregatplasmodium. Die Sporen sind nicht in Sporangien eingeschlossen, sondern bilden nackte, ballenartige

Anhäufungen, welche bei manchen Arten von zelligen Stielen getragen werden. Aus den Sporen entwickelt sich bei der Keimung direkt eine Myxamöbe.

Familien: Guttulinaceae, Dictyosteliaceae.

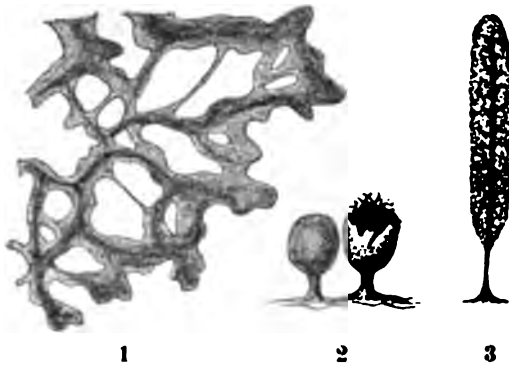
b) Die **Phytomyxinen** sind Parasiten, welche in lebenden Pflanzenzellen schmarotzen. Ihr Vegetationskörper ist ein Fusionsplasmodium. Bei der Sporenbildung zerfällt das Plasmodium in zahlreiche rundliche Körperchen, welche sich mit einer festeren Membran umgeben. Die Phytomyxinen bilden eine einzige Familie.

Erwähnenswerth ist die zu der Familie der **Phytomyxinen** gehörige *Plasmodiophora Brassicae*, welche in den Parenchymzellen der Wurzeln des Kohls lebt und an der Pflanze die als Kohlhernie oder Kropf des Kohls bezeichnete, vernichtende Krankheit hervorruft.

c) Die **Myxogasteres** bilden bei weitem die grösste Ordnung unter den Schleimpilzen. Sie leben saprophytisch. Die Vegetationskörper sind Fusionsplasmodien. Aus denselben werden zu Ende der Vegetationsperiode Fruchtkörper gebildet, welche zahlreiche von einer strukturlosen Hüllmembran, der Peridie, umschlossene Sporen enthalten. Seltener entstehen die Sporen äusserlich an den Fruchtkörpern; sie werden gegenüber den im Innern der Sporangien gebildeten Endosporen als Ektosporen bezeichnet.

Familien: Ceratomyxaceae, Liceaceae, Cribrariaceae, Clatroptychiaceae, Trichiaceae, Reticulariaceae, Stemonitaceae, Brefeldiaceae, Spumariaceae, Didymiaceae, Physaraceae.

Die Familie der **Ceratomyxaceen** ist durch die Ektosporenbildung ausgezeichnet. Die zur Familie der **Trichiaceen** gehörigen Gattungen *Trichia* und



Figur 224.

- 1 Stück eines Plasmodiums von *Didymium* (³⁵⁰ 1).
2 Sporangien von *Trichia varia* (³⁰ 1). 3 Entleertes Sporangium von *Stemonitis fusca* (⁴ 1).

und mit einander verbundene Capillitiumfäden, welche als ein engmaschiges Netzwerk nach der Sporenausstreung zurückbleiben und dem entleerten Sporan-

Arcyria haben keulen- oder köpfchenförmige, wenige Millimeter hohe Sporangien mit meist auffällig gelb oder roth gefärbten Sporen, zwischen denen ein zierliches Capillitium vorhanden ist. Auch die überall häufige *Lycogala*, deren kugelige Fruchtkörper bisweilen Haselnussgrösse erreichen, gehört zu den Trichiaceen. Die zur Familie der **Stemonitaceen** gehörige Gattung *Stemonitis* gehört gleichfalls zu den weitverbreiteten, häufiger vorkommenden Schleimpilzen. Die bis zu 1,5 cm langen Sporangien sind cylindrisch und werden von einem schlanken Stiel getragen, der sich als Säulchen in das Sporangium fortsetzt. Von dem Säulchen entspringen zahlreiche, vielverzweigte

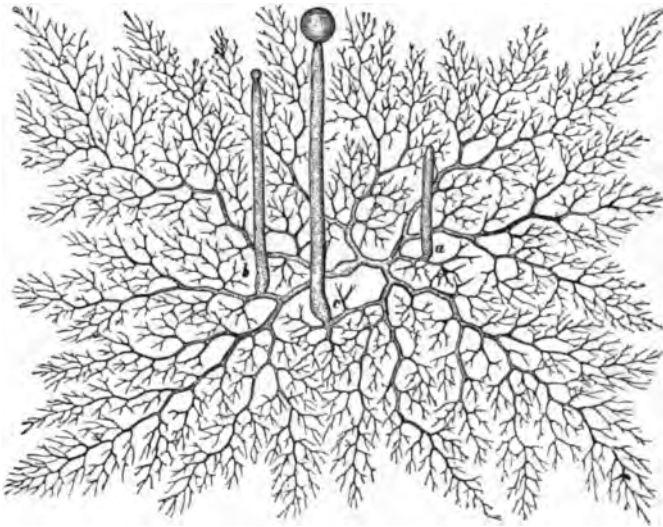
gium ein sehr zierliches Ansehen verleihen. Zu den **Physaraceen** gehört das in Lehrbüchern oft erwähnte *Aethalium septicum* (*Fuligo varians*), welches auf Gerberlohe allverbreitet ist und grosse chromgelbe, als Lohblüthe bezeichnete Plasmodien besitzt. Die Sporangien der Lohblüthe sind zu breiten kuchenartigen Platten, sogenannten Aethalien oder Plasmocarprien fest verschmolzen und enthalten ein starkes, fädig netzförmiges Capillitium.

Zweite Reihe: Die Phycomyceten oder Algenpilze.

Der Vegetationskörper, das Mycel, wird von einer reichverzweigten Hyphe gebildet, welche nicht in einzelne Zellen gegliedert ist, der Inhalt enthält zahlreiche Zellkerne. Die meisten Formen sind Saprophyten, einige davon leben im Wasser untergetaucht auf zerfallenden organischen Stoffen. Eine Anzahl lebt parasitisch im Gewebe höherer Pflanzen. Ungeschlechtliche Fortpflanzung wird bei einigen durch Schwärmsporen, bei den meisten durch unbewegliche Sporen oder durch Conidien vermittelt. Die geschlechtliche Fortpflanzung beruht auf der Verschmelzung unbeweglicher Gameten und ist entweder isogam oder oogam. Danach unterscheidet man zwei Ordnungen:

- a) Zygomycetes,
- b) Oomycetes.

a) Die **Zygomyceten** haben keine Schwärmsporen. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch Conidien oder durch unbewegliche



Figur 225.

Ein junges Exemplar von *Mucor*. *a b c* Sporangienäste in verschiedenen Entwicklungsstadien.

Sporen vermittelt, welche sehr zahlreich in gestielten Sporangien erzeugt werden. Die geschlechtliche Fortpflanzung, die Zygosporienbildung, kommt meist in der freien Natur nicht gerade häufig vor. Bisweilen verschmelzen die ausgebildeten Gametenäste nicht miteinander, sondern jeder, oder einer

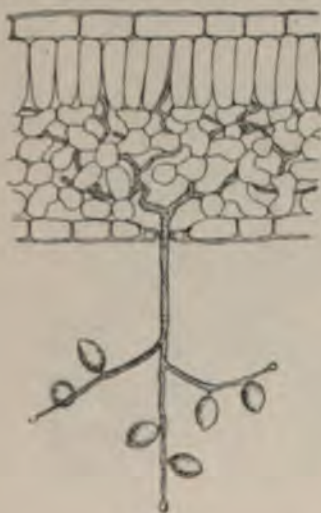
von ihnen, wird direkt zur Spore, die in ihrer Ausbildung und in ihrem Verhalten von den echten Zygosporien nicht verschieden ist. Man bezeichnet derartige Gebilde als Azygosporien.

Familien: Mucorineae, Mortierelleae, Chaetocladiaceae, Piptocephalideae.

Die Familie der **Mucorineen** enthält in der Gattung *Mucor* einige Arten, z. B. *Mucor Mucedo* und *M. stolonifer*, welche schimmelbildend auf allerhand organischen Körpern, auf Brot, Kartoffeln, Fruchtsäften etc. auftreten. Einige Arten können in zuckerhaltigen Flüssigkeiten Alkoholgärung erzeugen. Die Sporenbildung von *Mucor* ist auf Seite 213, die Zygosporienbildung auf Seite 218 dargestellt worden. Zu den Mucorineen gehört auch der in botanischen Instituten häufig zu physiologischen Versuchen verwendete *Phycomyces nitens*, welcher aus Amerika zu uns gekommen ist, und der auf Seite 200 besprochene *Pilobolus*. Arten von *Chaetocladium* und *Piptocephalis*, welche den nach ihnen benannten Familien der **Chaetocladiaceen** und **Piptocephalideen** angehören, leben als Parasiten auf den Hyphenästen grösserer Mucorineen.

b) Die **Oomyceten** pflanzen sich ungeschlechtlich durch Schwarmsporen, unbeweglichen Sporen oder durch Conidien fort. Die geschlechtliche Fortpflanzung wird durch Oosporenbildung bewirkt. Normalerweise werden die in Oogonien gebildeten Eizellen von einem Antheridienast aus befruchtet. Sehr häufig ist Apogamie vorhanden, indem entweder der von dem Antheridienast gebildete Befruchtungsschlauch geschlossen bleibt, oder indem überhaupt kein Befruchtungsschlauch gebildet wird. Die unbefruchteten Eizellen entwickeln sich in diesen Fällen gleichwohl zu Sporen, welche mit den Oosporen gleiche Ausbildung und gleiches Verhalten zeigen.

Familien: Entomophthoraceae, Chytridiaceae, Peronosporaceae, Saprolegniaceae.



Figur 226.

Teil vom Querschnitt eines von *Phytophthora* bewohnten Kartoffelblattes. An der Unterseite des Blattes wächst aus einer Spaltöffnung ein Conidienträger des Pilzes hervor.
(130/1.)

Die Familie der **Entomophthoraceen** bildet bezüglich der geschlechtlichen Fortpflanzung einen Uebergang zwischen den Zygomyceten und Oomyceten. Hierher gehört der Fliegenschimmel, *Empusa Muscae*, welcher im Herbst eine Epidemie unter den Stubenfliegen verursacht. Der Körper der befallenen Fliegen wird vom Mycel des Pilzes durchwuchert. Einzelne Myceläste treten aus der Körperoberfläche hervor und schnüren je eine spitzkugelförmige Conidie ab, welche bei der Reife fortgeschleudert wird, wodurch andere in die Nähe kommende Fliegen inficirt werden.

Zur Familie der **Peronosporaceen** gehören einige Schmarotzerpilze, welche oft die Wirtspflanzen erheblich schädigen. Von besonderem Interesse sind diejenigen Arten, welche Kulturpflanzen befallen. Von ihnen möge der Verursacher der Kartoffelkrankheit, *Phytophthora infestans*, als Beispiel angeführt werden. Das Mycel überwintert in kranken Kartoffelknollen und dringt im Frühling in die sich entwickelnden Laubtriebe ein. Aus den Spaltöffnungen der Kartoffelblätter wachsen baumartig verzweigte Myceläste hervor, welche Conidien abschnüren (Fig. 226). Durch die letzteren wird die Erkrankung auf andere Kartoffelpflanzen übertragen. Als gefährliche Parasiten sind ferner

zu nennen *Phytophthora omnivora*, welche die Keimlinge vieler Pflanzen befällt und vernichtet, ferner viele Arten der Gattung *Peronospora*. Sehr häufig ist überall als Schmarotzer auf Cruciferen, besonders auf *Capsella Bursa pastoris*, *Cystopus candidus* zu finden, welcher unter der Epidermis der Wirthspflanze grosse, schwierig aufgetriebene, weisse, glänzende Conidienlager entwickelt. Zu der Familie gehört auch die Gattung *Pythium*, deren Oosporenbildung auf Seite 220 beschrieben worden ist.

Die **Saprolegniaceen** leben im Wasser auf toten Thieren oder Pflanzenresten; bisweilen werden sie auch als Schmarotzer auf jungen Fischen in Fischbrutanstalten gefunden. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung erfolgt sehr ausgiebig durch Schwärmsporen. Hierher gehörige Gattungen sind *Saprolegnia* und *Achlya*.

Dritte Reihe: Die Askomyceten oder Schlauchpilze.

Der Vegetationskörper besteht mit vereinzelt Ausnahmen aus Hyphen, welche bei einigen frei bleiben, bei andern zu dickeren Strängen oder flachen, krustenartigen Körpern verwebt sind. Geschlechtliche Fortpflanzung ist nicht vorhanden. Die Träger der ungeschlechtlichen Fortpflanzung sind Sporen, welche gewöhnlich in bestimmter Anzahl meist zu 8 durch freie Zellbildung im Innern von keulen- oder kugelförmigen Sporangien entstehen. Die Sporangien werden als Asci (in Einzahl als Askus), die Sporen als Askosporen bezeichnet. Die Asci entstehen bei den niedersten Formen direkt an den freien Mycelfäden, die höheren Askomyceten bilden Fruchtkörper aus, in oder an denen die Asci in grösserer Zahl auftreten. Bei manchen Askomyceten sind neben den Askosporen noch Conidien bekannt.

Hierher gehören drei Ordnungen:

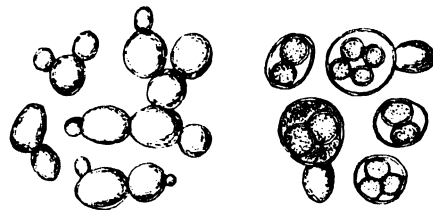
- a) *Hemiasci*, b) *Exoasci*, c) *Carpoasci*.

a) Die **Hemiasci** sind auf einer niederen Entwicklungsstufe stehende Pilze, denen zum Theil eine Hyphenbildung vollkommen fehlt. Die Sporangien sind kugel- oder schlauchförmige Zellen, deren Inhalt durch freie Zellbildung Sporen in unbestimmter Anzahl erzeugt.

Familien: *Protomycetes*, *Saccharomycetes*.

Zu den **Protomyceten** gehört der überall häufige *Protomyces macrosporus*, welcher an Stengel, Blattstielen und Blattnerven von *Aegopodium* Anschwellungen verursacht. Das in den Anschwellungen vorhandene Mycel des Pilzes bildet zahlreiche dickwandige Dauerzellen, welche überwintern und im nächsten Frühling bei der Keimung sofort ein askusartiges Sporangium mit vielen Sporen erzeugen.

Die **Saccharomyceten** oder Hefepilze bestehen aus rundlichen Zellen, welche fortgesetzt sich durch Sprossung vermehren. Die Zellen leben einzeln oder sie bleiben in kurzen Sprossverbänden bei einander; ein typisches Mycel wird nie gebildet. Die Sporangien unterscheiden sich äusserlich nicht von den vegetativen



A

Figur 227.

B

Saccharomyces cerevisiae. A Vegetative Zellen. B Ascosporenbildung.

Zellen. Aus ihrem Inhalt entstehen zwei bis sechs kugelige Sporen mit dicker Membran. Die mit einem Sammelnamen

als *Saccharomyces cerevisiae* bezeichneten Bierhefepilze werden bei der Bierbereitung zur Hervorrufung der Alkoholgährung in dem zuckerhaltigen Malzauszug verwendet. *Saccharomyces ellipsoideus* und andere bewirken in dem ausgepressten Traubensaft die Weinbildung.

b) Die **Exoasci** bilden keine eigentlichen Fruchtkörper, die Sporenschläuche, welche meistens je acht Sporen enthalten, stehen nackt und frei an den Mycelfäden.

Familie: Gymnoasci.

Von den zu der Familie der **Gymnoasci** gehörigen Pilzen sind am bemerkenswerthesten die *Taphrina*- und *Exoascus*-Arten. Dieselben leben parasitisch im Gewebe höherer Pflanzen und rufen häufig an dem Vegetationskörper des Wirtes auffällige Veränderungen hervor. So verursacht z. B. *Exoascus deformans* die als Hexenbesen bezeichnete Missbildung an Kirschbäumen. Bekannt und weit verbreitet ist auch *Exoascus pruni*, welcher die als Narren-, Hungerzwetschen oder Schusterpflaumen bezeichnete Missbildung der Früchte von *Prunus domestica* verursacht. Andere Arten wie *Exoascus flavus*, *E. betulae* etc. erzeugen Blattfleckenkrankheiten an den von ihnen bewohnten Pflanzen.

c) Die **Carpoasci** bilden pseudoparenchymatische Fruchtkörper aus, in oder an denen die meist achtsporigen Asci stehen. Die Gewebeschiebt, welche die Sporenschläuche enthält, wird Hymenium genannt. Gewöhnlich sind in dem Hymenium zwischen oder neben den Asci noch zahlreiche haarförmige Fäden enthalten, welche man als Saftfäden oder Paraphysen bezeichnet (Fig. 191 B). Neben der Askosporenbildung haben viele Arten noch Conidienbildung, häufig werden die Conidien an eigenen Fruchtkörpern gebildet, welche frei an den Hyphenästen stehen oder wie die Schlauchfrüchte dem zu einem dichten Stroma verwobenen Mycel eingesenkt sind.

Familien: Perisporiaceae, Pyrenomycetes, Discomycetes.

Die **Perisporiaceen** sind dadurch ausgezeichnet, dass die Sporenschläuche im Innern vollkommen geschlossener Fruchtkörper, sogenannter Perithezien, gebildet werden. Bei den hauptsächlich der Gattung *Erysiphe* angehörenden Mehlthauptpilzen, welche als Schmarotzer auf den Blättern höherer Pflanzen schimmel- oder mehlartige Ueberzüge bilden, sind die Perithezien punktkleine, schwarze oder braune, oft mit zierlichen Anhängseln versehene Kügelchen, welche einen oder mehrere oft achtsporige Schläuche enthalten. Die ebenfalls hieher gehörigen Trüffelpilze, welche meist unterirdisch im Waldboden leben, haben dagegen fleischige, knollenförmige Fruchtkörper, die über ein Kilo schwer werden können. Unter den Trüffelpilzen gehören Arten der Gattung *Tuber*, besonders *Tuber aestivum*, *T. mesentericum*, *T. brumale*, *T. melanosporum* zu den feinsten Speisepilzen. Zu den Perisporiaceen werden auch die Gattungen *Eurotium* und *Penicillium* gestellt, von denen einige Arten zu den verbreitetsten Schimmelpilzen gehören. Die Fortpflanzung durch Askosporen tritt bei diesen Formen sehr zurück gegen die Conidienbildung. Die Conidien werden an pinselförmig verzweigten Mycelästen in reichster Menge abgegliedert, wie es in Fig. 192 A für *Penicillium* abgebildet ist.

Bei den **Pyrenomyceten** sind die Sporenschläuche gleichfalls in einen Fruchtkörper eingeschlossen, die Wand des Fruchtkörpers, die Peridie, besitzt aber oben eine feine Öffnung, durch welche die reifen Sporen in's Freie gelangen. Die einzelnen Fruchtkörper oder Perithezien stehen bei einigen Formen unmittelbar auf dem Mycel, meist aber sind sie in einem vom Mycel gebildeten polster- oder keulenförmigen Stroma eingesenkt. Neben der Askosporenbildung kommt häufig Conidienbildung vor. Als Beispiel möge *Claviceps purpurea*, der Pilz des officinellen Mutterkorns, *Secale cornutum*, angeführt werden (Fig. 228). Das

eigentliche Mutterkorn, die schwarzen hornartigen Körper, welche vereinzelt an Stelle von Fruchtknoten in den Roggenähren stehen, sind aus pseudoparenchymatisch verwobenen Hyphen des Pilzes gebildet, sie stellen ein Dauermycelium, ein sogenanntes Sklerotium dar, welches bei der Getreideernte auf den Erdboden

gelangt und unverändert überwintert. Im Frühling wachsen aus den Sklerotien röthliche hutpilzähnliche Stromata hervor, in deren kugeligen Köpfchen zahlreiche Peritheccien eingesenkt sind. Die in den Peritheccien gebildeten Asci enthalten je acht fadenförmige Sporen, welche, wenn sie bei der Reife ausgeschleudert werden und auf junge Roggenpflanzen gelangen, zu einem neuen Mycel heranwachsen, welches die ganze Wirthspflanze durchwuchert und bis zu den Anlagen der Fruchtknoten gelangt. Dort dringen die Hyphen aus der

Oberfläche hervor und überziehen die ganze Fruchtanlage mit dichtem Gewebe, dessen Aussenfläche von senkrechtstehenden kurzen Aesten gebildet wird. Die letzteren erzeugen an ihrer Spitze zahlreiche Conidien, welche von Insekten auf andere Fruchtknoten übertragen werden und dort neue Infektion erzeugen. Später geht der Pilz wieder in das anfangs erwähnte Sklerotienstadium über.



A



B



C

Figur 228.

Claviceps purpurea. A Roggenähre mit einem Sklerotium. B Ein Sklerotium mit Pilzkörperchen. C Längsschnitt durch ein Köpfchen, in dessen Oberfläche die flaschenförmigen Peritheccien eingesenkt sind. Die Asci in den letzteren sind nicht mit gezeichnet. (Nach Tulasne.)

denen einige den Gattungen *Morchella* (Fig. 229) und *Helvella* angehörende Arten als schmackhafte Speiseschwämme geschätzt werden.

Die **Diskomyceten** haben scheiben-, schüssel-, becher- oder kreiselförmige Fruchtkörper, welche Apothecien genannt werden. Das Hymenium überzieht in grösserer oder geringerer Ausdehnung die innere, bzw. die obere Seite der Apothecien. Auch hier sind vielfach Nebenfruchtkörper mit Conidienbildung vorhanden. Die häufigen Arten der Gattung *Peziza* haben fleischige oder wachsartige, schüsselförmige Apothecien. Einige von ihnen sind als Verursacher krebsartiger Baumkrankheiten berüchtigt. Zu den stattlichsten Discomyceten gehören die Morcheln, von



Figur 229.

Morchella conica,

Vierte Reihe: Die Basidiomyceten.

Der Vegetationskörper ist ein aus Hyphen gebildetes Mycel. Geschlechtliche Fortpflanzung fehlt und ebenso die Ausbildung von Sporen. Träger der Fortpflanzung sind Conidien, welche in verschiedener Form und Ausbildung auftreten. Bei den typischen Formen werden die Conidien in bestimmter Zahl an keulenförmigen Stielzellen, den Basidien abgegliedert. Die Basidien stehen sehr selten einzeln, meist sind sie an der Oberfläche von pseudoparenchymatischen Fruchtkörpern oder im Innern derselben zu dichten Lagern vereinigt. Die von ihnen gebildeten Conidien werden häufig als Basidiensporen bezeichnet. Bei manchen Basidiomyceten werden neben einander verschiedene Arten von Conidien ausgebildet.

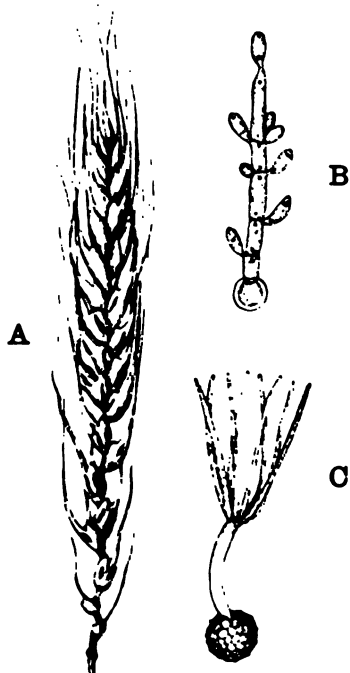
Wir unterscheiden vier Ordnungen:

- | | |
|------------------|-------------------|
| a) Hemibasidii, | c) Hymenomycetes, |
| b) Protobasidii, | d) Gastromycetes. |

a) Die **Hemibasidier**. Die Conidienträger sind basidienähnlich, haben aber die Bestimmtheit in Form und Conidienzahl, welche die echten Basidien auszeichnet, noch nicht erreicht. Die Conidienträger entwickeln sich direkt aus überwinternden Dauersporen.

Familie: Ustilagineae.

Die **Ustilagineen** leben parasitisch auf höheren Pflanzen, vorzugsweise auf den Getreidearten und anderen Gräsern. Sie werden mit einem gemeinsamen Namen allgemein als Brandpilze bezeichnet; ihre Dauersporen, welche in der Regel als schwarze Staubmassen einzelne deformierte Organe der befallenen Pflanze erfüllen, werden Brandsporen genannt. Häufigste und gefährlichste Gattungen sind *Ustilago* und *Tilletia* (Fig. 230). Bei ersterer werden die Conidien seitlich an dem einen mehrzelligen Faden bildenden Conidienträger abgeschnürt, bei letzterer sind die Conidien kranzartig an dem Gipfel des einzelligen Conidienträgers vereinigt. Verschiedene Arten von *Ustilago* verursachen die als Flugbrand bezeichnete Krankheit des Weizens, der Gerste, des Hafers und mancher Wiesengräser. *Tilletia Caries* verursacht den Schmierbrand des Weizens, die äußerlich unveränderten Körner enthalten im



Figur 230.

A Eine von *Ustilago* befallene Aehre von *Hordeum distichum*. **B** Keimende Dauerspore von *Ustilago*, welche einen Conidienträger gebildet hat. **C** Keimende Dauerspore von *Tilletia* mit Conidienträger.

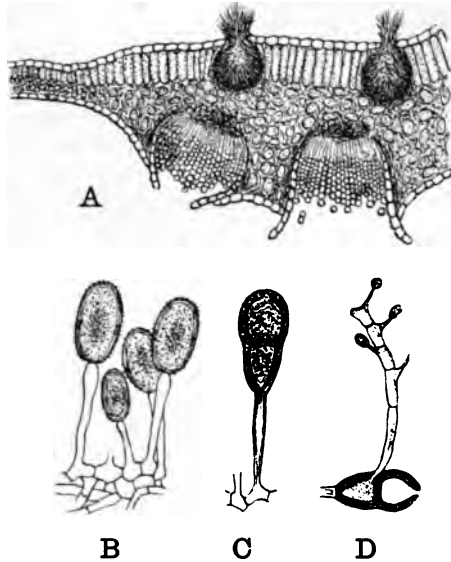
Innern ein braunschwarzes, stinkendes Pulver, welches von den Dauersporen des Pilzes gebildet wird.

b) Die **Protobasidier**. Die Conidienträger sind entweder quer oder längs getheilt, jede Theilzelle der Basidie bildet eine Conidie. Bei manchen Arten sind mehrere Nebenfruchtformen bekannt.

Familien: Uredineae, Auriculariaceae, Pilacreae, Tremellineae.

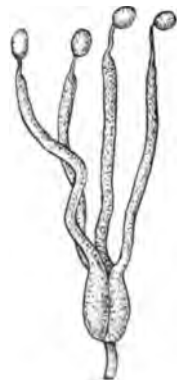
Die **Uredineen** oder Rostpilze haben freie, quergetheilte Basidien, welche sich direkt aus keimenden Dauersporen entwickeln. Bei den meisten Rostpilzen sind verschiedene Nebenfruchtformen bekannt, welche bisweilen in dem Entwicklungsgang der Individuen eine wichtige Rolle spielen. Als Beispiel möge die überall verbreitete *Puccinia graminis* angeführt sein, welche Rostkrankheit des Getreides verursacht (Fig. 231). Im Frühjahr erscheinen auf den Blättern des Sauerdorns, *Berberis vulgaris*, orangerothe Flecken, aus denen bald kleine, urnenförmige Pilzfrüchte hervorbrennen, in denen von kurzen Hyphenästen zahlreiche Conidien abgeschnürt werden. Diese Fruchtform wird als das Aecidium des Pilzes bezeichnet. Neben den Aecidien kommt auf denselben Blattflecken noch eine andere Conidien bildende Fruchtform, die Spermogonien, vor, über deren Bedeutung für die Fortpflanzung des Pilzes nichts bekannt ist. Die Aecidiensporen entwickeln, wenn sie auf ein Grasblatt gelangen, ein in das Blattgewebe eindringendes Mycelium, aus dem nach einiger Zeit ein rostbraunes Conidienlager erzeugt wird, welches unter der Epidermis des befallenen Blattes hervorbricht. Diese Fruchtform heisst Uredo, die hier gebildeten Conidien werden als Uredosporen bezeichnet. Sie keimen sofort und können die Infektion auf andere Graspflanzen übertragen. Gegen Ende des Sommers oder im Herbst erzeugt das Mycelium des Pilzes auf den Grasblättern Dauersporen, welche Teleutosporen genannt werden. Dieselben sind bei *Puccinia* aus zwei keimfähigen Zellen zusammengesetzt, andere Uredineen haben einzellige oder drei- oder mehrzellige Teleutosporen. Die Teleutosporen überwintern und keimen im nächsten Frühling, indem sie quergegliederte Basidien erzeugen, an welchen auf kurzen Sterigmen die Basidiosporen entstehen. Die letzteren rufen wieder an *Berberis*blättern die Blattflecken mit Aecidien hervor. Die merkwürdige Erscheinung, dass die verschiedenen Entwicklungsformen des Pilzes verschiedene Pflanzen bewohnen, wird als Wirthswechsel bezeichnet; sie findet sich bei verschiedenen Uredineen, kommt aber auch in anderen Pilzgruppen vor.

Puccinia Rubigo vera verursacht den Weizenrost, das Aecidium lebt auf Ackerunkräutern aus der Familie der *Asperifoliaceen*. Der besonders häufig auf Blättern cultivirter Rosenstöcke auftretende Rost wird von *Phragmidium rosarum* verursacht. Alle Entwicklungsstadien leben auf derselben Wirthspflanze. Die Teleutosporen sind walzenförmig, 5- bis 10-zellig. Die Gattung *Uromyces* mit einzelligen Teleutosporen liefert gleichfalls manche Schmarotzer auf Culturpflanzen, z. B. *Uromyces pisi*, *U. betae*, *U. phaseolorum*, *U. viciae fabae* u. a. m.



Figur 231.

Puccinia graminis. **A** Theil vom Querschnitt eines vom Pilz befallenen Blattes von *Berberis vulgaris*. An der Unterseite sind zwei Aecidien, oben sind zwei Spermogonien getroffen. **B** Uredosporen. **C** Eine Teleutospore. **D** Gekeimte Teleutospore; der Keimschlauch bildet eine quergegliederte Basidie mit seitlichen Sterigmen (vergrössert).



Figur 232.

Längsgetheilte Basidie von *Tremella*. (1861 nach Brefeld.)

Ein häufiger Vertreter der Familie der **Auricularieen** ist die *Auricularia sambucina*, das Judasohr, welche ohrmuschelähnliche, schwarzbraune Fruchtkörper an alten Hollunderstämmen entwickelt. Die Basidien sind hier gleichfalls quergeht. Bei den **Tremellineen** ist die Basidie durch zwei aufeinander senkrechte Wände der Länge nach in vier Zellen geteilt, deren jede ein Sterigma mit einer Conidie entwickelt (Fig. 232). Die Mycelien der Tremellineen leben meist in Holz, ihre gallertartigen, zitternden Fruchtkörper treten bei feuchtem Wetter hervor.

c) Die **Hymenomyceten** oder Hautpilze. Bei den Hymenomyceten mit Ausnahme der Tomentellaceen, sind die Basidien zu einer Hautschicht, Hymenium, vereinigt, welche die freie Oberfläche verschieden gestalteter Fruchtkörper überzieht. Die Basidien sind einzellig und meist mit vier Sterigmen mit je einer Basidiospore versehen.

Familien: Tomentellaceae, Clavariaceae, Dacryomycetaceae, Telephoraceae, Hydnoneae, Polyporeae, Agaricineae.

Die Familie der **Clavariaceen** ist durch aufrechte, einfache oder ästig verzweigte Fruchtkörper ausgezeichnet, welche an ihrer ganzen Oberfläche mit dem Hymenium überzogen sind. Die Arten der Gattungen *Clavaria* und *Sparassia*, deren geweihähnlich verzweigte Fruchtkörper oft fussbreite Rasen auf dem Waldboden bilden, sind meist essbar und schmackhaft.

Die **Telephoraceen** besitzen gleichfalls ein glattes Hymenium, welches nicht an bestimmt geformte Hervorragungen des Fruchtkörpers gebunden ist, sondern die Unterseite des gestielten oder sitzenden hut- oder trichterförmigen

Fruchtkörpers überzieht. Häufiger in Wäldern vorkommend, ist *Craterellus cornucopioides*, die Totentrompete.

Die **Hydnaceen** sind an der Unterseite ihres Fruchtkörpers mit Stacheln oder Warzen versehen, welche mit der Hymenialschicht bedeckt sind. Einige Arten der Gattung *Hydnum*, z. B. *Hydnum repandum* und *H. imbricatum*, werden gegessen.

Die **Polyporeen** haben an der Unterseite des Fruchtkörpers grubige oder röhrenförmige Vertiefungen, deren Innenwände mit dem Hymenium ausgekleidet sind. Zu dieser Familie gehört der den Feuerzunder liefernde, als *Fungus Chirurgorum* officinelle *Polyporus tomentarius*. Derselbe lebt als Parasit besonders in Rothbuchen, aus deren

Stämmen die consolatartigen, grossen Fruchträger hervor-



Figur 233.

Agaricus campestris.

wachsen. Essbar sind mehrere Arten der Gattung *Boletus*, vor allen wird der Steinpilz, *Boletus edulis* als schmackhaft geschätzt. Andere *Boletus*arten, z. B. *Boletus Satanas* und *luridus* sind giftig. Der in feuchtem Holz saprophytisch lebende *Merulius lacrymans* kommt auch im Balkenwerk feuchter Gebäude vor und zerstört dasselbe; er ist deswegen unter dem Namen Hausschwamm sehr gefürchtet.

Die **Agaricineen** oder Blätterschwämme tragen an der Unterseite des schirmartigen Fruchtkörpers radial angeordnete, blattartige Lamellen, welche mit dem Hymenium überzogen sind. Unter den zahlreichen Arten der Familie

ist der Champignon, *Agaricus campestris*, als Speiseschwamm am bekanntesten (Fig. 233). *Agaricus melleus*, der Hallimasch, ist ein Schwarotzer auf Waldbäumen, besonders Kiefern und Fichten, die er zum Absterben bringt. Sein Mycel dringt von der Wurzel her in den Baum ein und bildet in der Rinde fest verflochtene, wurzelähnliche, schwarze Stränge, welche als Rhizomorpha bezeichnet werden und früher für eine eigene Pilzgattung gehalten wurden. Zu den häufiger auf den Markt gebrachten Speiseschwämmen gehört auch *Cantharellus cibarius*, der Pfifferling, bei dem die Lamellen weit am Stiel herablaufen. Als giftig wird vor anderen der in unseren Wäldern sehr häufige Fliegenpilz, *Amanita muscaria*, gefürchtet, dessen Fruchtkörper einen schön corallenrothen Hut mit weissen Tupfen und schneeweiße Lamellen hat.

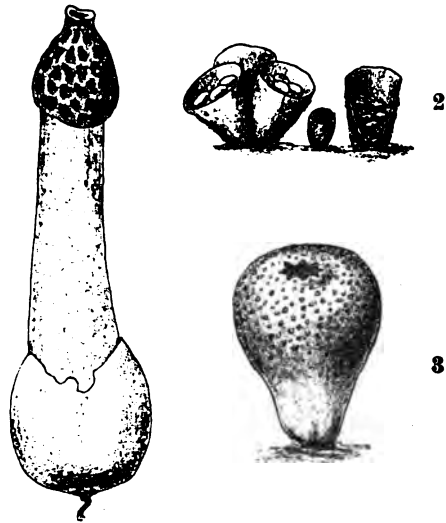
d) Die **Gastromyceten**. Das Hymenium liegt im Innern der verschieden gestalteten meist grossen fleischigen Fruchtkörper. Das äussere Hyphengewebe der Fruchtkörper bildet eine festere oft aus mehreren Schichten zusammengesetzte Hülle, welche als Peridie bezeichnet wird. Dieselbe umschliesst ein weicherer Hyphengewebe, die Gleba, dessen Höhlungen mit der Hymenialschicht ausgekleidet sind. Bei der Sporenreife, öffnet sich die Peridie in verschiedener Weise, die Gleba löst sich auf und entlässt die Basidiensporen. Bisweilen bleiben Reste der Gleba zwischen den Sporen erhalten und bilden ein als Capillitium bezeichnetes wolliges Netzwerk.

Familien: Phallaceae, Nidulariaceae, Lycoperdaceae, Hymenogastraceae.

Der zur Familie der **Phallaceen** gehörende Gichtschwamm unserer Wälder, *Phallus impudicus* (Fig. 234, 1), hat kugelige, weisse Fruchträger von der Grösse eines Hühnereies. Die dicke, dreischichtige Peridie öffnet sich später an der Spitze und die zerfliessende Gleba wird auf einem sich schnell streckenden weissen Stiel hervorgeschoben. Durch den leichenartigen Geruch des Pilzes werden Aasfliegen angelockt, welche die klebrigen Sporen verbreiten.

Die **Nidulariaceen** sind kleinere, zierliche Pilze. Die Peridie öffnet sich becherartig, die einzelnen Kammern der Gleba werden durch Auflösung des zwischen ihnen liegenden Gewebes isolirt, so dass sie als linsenförmige Körperchen, sogenannte Peridiolen, im Grunde des von der Peridie gebildeten Bechers liegen. Als Beispiel möge *Crucibulum vulgare*, eine häufiger vorkommende Art genannt sein (Fig. 234, 2).

Bei den **Lycoperdaceen**, zu denen die überall vertretenen Gattungen *Bovista* und *Lycoperdon* (Fig. 234, 3) gehören, öffnet die Peridie sich unregelmässig mit einem Loch an ihrem Scheitel, um die Sporen zu entlassen. Bei der Gattung *Geaster* zerreisst die äussere Schichte der Peridie in vier oder mehr Klappen, welche sich in Folge ihrer Hygroscopicität bei trockenem Wetter zurückschlagen, bei feuchtem Wetter aber zusammenschliessen. Die innere Schichte, welche das Capillitium und die Sporen einschliesst, öffnet sich unregelmässig am Gipfel.



Figur 234.

Gastromyceten. 1 *Phallus*. 2 *Crucibulum*.
Rechts ein halbirtes Exemplar. 3 *Lycoperdon*.

Bei den **Hymenogastreaen** öffnet sich die Peridie nicht, die Sporen werden durch Zertall der Hülle frei, ein Capillitium wird nicht gebildet. Hierher gehören einige seltene, unterirdisch lebende Pilzarten von meist trüffelähnlichem Habitus. *Rhizopogon rubescens* wird in manchen Gegenden statt echter Trüffeln verkauft und gegessen.

Anhang. Die Flechten.

Die Flechten oder Lichenen sind keine einheitlichen Organismen, sie werden gebildet durch die Vergesellschaftung eines Pilzes und einer Alge, welche miteinander in Symbiose leben. Dementsprechend besteht ihr verschieden geformter Vegetationskörper aus einem Geflecht von Pilzhyphe, in welches Algen eingestreut sind. Die Algenzellen werden als Gonidien der Flechte bezeichnet. Die in Betracht kommenden Pilze gehören meist



Figur 235.

Usnea barbata.

zur Abtheilung der Ascomyceten, seltener zu den Basidiomyceten; man kann danach Askolichenen und Basidiolichenen unterscheiden. Die Algen, welche als Componenten am Aufbau des Flechtenkörpers theilnehmen können, gehören zu den Cyanophyceen und Chlorophyceen. Die Vermehrung erfolgt durch Fragmentation, indem kleine Particen des Pilzmycels mit einigen Algenzellen von dem Flechtenkörper losgelöst werden und sich selbständig weiter entwickeln; die sich loslösenden Theile werden Soredien genannt. Daneben kommt noch eine Sporenbildung zu Stande, welche von den Fortpflanzungsorganen des Pilzes ausgeht. Die Sporenschläuche oder die Basidien sind meistens zu einem Hymenium vereinigt, welches die Oberfläche

oder den inneren Hohlraum eines Apotheciums oder Peritheciums bedeckt. Als Nebenfruchtform treten häufig bei den zu den Ascomyceten gehörigen Flechtenpilzen noch Conidienfrüchte auf, in welchen zahlreiche stabförmige Conidien gebildet werden, über deren Schicksal nichts Näheres bekannt ist. Die Sporenbildung der in den Flechten lebenden Algen ist durch die Symbiose gänzlich unterdrückt. Nach der Natur der flechtenbildenden Pilze können wir vier systematische Reihen unterscheiden, von denen die beiden ersten zu den Askolichenen, die letzten zu den Basidiolichenen gehören:

- | | | | |
|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
| 1. Discolichenes | (Seite 264), | 3. Hymenolichenes | (Seite 267), |
| 2. Pyrenolichenes | „ 267), | 4. Gastrolichenes | „ 268). |

Erste Reihe: Die Diskolichenen.

Diese Flechten sind dadurch ausgezeichnet, dass die in ihnen auftretenden Pilze zu den Diskomyceten gehören. Die Apothecien sind infolge-

dessen napf- oder scheibenförmig, oder sie bilden lange, strichförmige Streifen von Hymenium, welches von früh an frei ausgebreitet ist. Man trennt die Discolichenen in zwei Ordnungen:

- a) Heteromerici, b) Homoeomerici

a) Die **heteromeren Diskolichenen** haben die Gonidien in ihrem Vegetationskörper in einer der Oberfläche parallelen Schicht angeordnet, während die äusserste Hyphenschicht, die Rinde, und der innere Gewebecomplex, das Mark, von Gonidien frei sind. Der Vegetationskörper hat meist eine charakteristische Gestalt, man unterscheidet nach der Wuchsform Strauchflechten, Laubflechten und Krustenflechten. Bei den Strauchflechten ist der Thallus ein stift- oder strauchartiges Gebilde, welches sich frei von der Unterlage erhebt. Die Laubflechten bilden ein laubartiges Lager, welches dorsiventral über der Unterlage ausgebreitet und stellenweise mit derselben verwachsen ist. Die Krustenflechten haben ein krustenartig ergossenes Lager, welches mit seiner ganzen Fläche mit der Unterlage verwachsen ist.

- α) Strauchflechten. Familien: Cladoniaceae, Roccellaceae, Usneaceae, Ramalinaceae.

Die zur Familie der **Cladoniaceen** gehörende Gattung *Cladonia* ist eine ausserordentlich formenreiche Pflanzengruppe, welche auch in der einheimischen Flora zahlreiche Vertreter hat. Der eigentliche Thallus besteht nur aus kleinen, grünen Schüppchen, von denselben erheben sich aber grössere stift- oder trompetenförmige oder strauchartige, vielfach ästig verzweigte Träger, die sogenannten Podetien, auf deren Gipfel die Apothecien und Conidienfrüchte ausgebildet werden. Manche Cladonien überziehen auf weite Strecken hin den Boden der Nadelwälder oder der Heiden. Ueberall häufig ist die *Cladonia rangiferina*, die Rennthierflechte.

Die Familie der **Roccellaceen** wird nur von der Gattung *Roccella* gebildet, unter deren Arten *R. tinctoria*, die echte Färberflechte oder Lackmusflechte, die wichtigste ist. Die rundlich wurmförmigen, einfachen oder gabelig getheilten Thallusäste der Flechte sind weisslich oder gelblich gefärbt und meistens mehlig bereift. Die einfachen, seiten- oder endständigen Apothecien haben eine schwarze, weisslich bereifte Scheibe. Die Flechte wächst in kleinen Gruppen an Felsen in südlichen Gegenden. Sie wird besonders auf den oceanischen Inseln in grossen Mengen gesammelt und zur Bereitung von Farbstoffen verwendet.

Die Familie der **Usneaceen** wird durch die Gattung *Usnea*, die Bartflechte vertreten, deren stielrunder, bis in haarfeine Fäden verzweigter, vielästiger Thallus auf Baumästen wächst und oft langherabhängende graugrüne Moosbärte bildet (Fig. 235). Baumbewohner sind auch die zu den **Ramalinaceen** gehörenden häufigen Gattungen *Ramalina* und *Evernia*, deren strauchartiger, verzweigter Thallus flach bandartig verbreitert ist. Zu derselben Familie gehört *Cetraria islandica*, das isländische Moos, deren laubartig verbreiteter, lappig vieltheiliger Thallus auf der Oberseite blass-graugrün oder kastanienbraun, unterseits weisslich gefärbt ist (Fig. 236). Die schildförmigen Apothecien sind schief an den Thallusrand angewachsen, ihre Scheibe ist braun gefärbt. Die Flechte ist in



Figur 236.

Thallusast von *Cetraria islandica*.

der nördlichen kalten Zone und in den Gebirgsgegenden der gemässigten Zone weit verbreitet. Sie ist unter dem Namen *Lichen islandicus* officinell.

β) Laubflechten. Familien: Peltideaceae, Parmeliaceae, Umbilicariaceae.

Unter den **Peltideaceen** ist die Gattung *Peltigera* die bei uns häufigste. *P. canina*, die Hundslechte, wächst überall zwischen Moos am Waldboden. Ihr glänzend lederartiger Thallus wird bis über thalergröss und ist am vorderen Rande breit buchtig gelappt. Bei trockenem Wetter ist die Oberseite grau, bei feuchtem Wetter frisch grün. Die rothbraunen Apothecien sind flach mit dem äusseren Rande des Thalluslappen verwachsen.

Zu den **Parmeliaceen** gehört die an Baumrinden wohnende, früher officinelle Lungenlechte, *Sticta pulmonacea*, mit handgrossem, lederartigem, buchtig gelapptem, netzförmig grubigem Thallus. Die an Baumstämmen, Bretterwänden, Ziegeln und Steinen überall häufige Wandlechte, *Physcia parietina*, hat einen rosettenförmigen gelben oder pomeranzenfarbigen Thallus, der reichlich mit schüsselförmigen Apothecien besetzt ist.

γ) Krustenflechten. Familien: Lecanoraceae, Lecideaceae, Graphideae.

Zu unseren gemeinsten Flechten gehört die Gattung *Lecanora*, nach welcher



Figur 237.

Rindenstück mit *Graphis scripta*.

die Familie der **Lecanoraceen** benannt ist. Die Arten dieser Gattung bilden landkartenartige graue Flecken auf glatten Baumrinden, kommen aber auch auf altem Holz, an Steinen, Mauern und Felsen und selbst an der Erde auf Moosen vor. Der Thallus bildet eine gleichförmige, kräftige Unterlage, auf welcher die schüsselförmigen Apothecien sitzen. Die **Graphideen** haben länglich strichförmige Apothecien, welche in den krustenförmigen Thallus eingesenkt sind. Die Schriftlechte, *Graphis scripta*, deren Thallus an Baumrinden grauweissliche Flecken bildet, auf denen die schwarzen Apothecien wie hebräische Schriftzeichen hervortreten, ist bei uns überall verbreitet (Fig. 237).

b) Die **homoeomeren Discolichenen** sind dadurch ausgezeichnet, dass Pilzhyphen und Gonidien gleichmässig durch den ganzen Vegetationskörper vertheilt sind. Man unterscheidet als Wuchsformen die Gallertflechten, deren Lager gallertartig ist und die Fadenflechten, deren Lager aus Fadenalgen gebildet wird, welche von Pilzhyphen umspinnen sind.

α) Gallertflechten. Familien: Lecotheciaceae, Collemaceae.

Der Thallus der zu den **Collemaceen** gehörigen Gattung *Collema* bildet laubartige Gallertplatten, welche Nostoc-artige Gonidien enthalten. Bei anderen Gattungen, z. B. *Omphalaria*, sind einzellige Cyanophyceen, welche gruppenweise zu Colonien verbunden bleiben, als Gonidien vorhanden.

β) Fadenflechten. Familie: Coenogoniaceae.

Die in Amerika einheimische Gattung *Coenogonium* hat einen rundlich scheibenförmigen Thallus, welcher aus verzweigten, locker verwebten, von Pilzhyphen umspinnenden Algenfäden gebildet wird.

Zweite Reihe: Die **Pyrenolichenen**.

Die Pilze der Pyrenolichenen sind Pyrenomyceten, ihr Hymenium ist also in einen flaschenförmigen Fruchtkörper eingeschlossen, welcher sich an der Spitze mit einer engen Mündung öffnet. Wir können auch hier, wie bei den Discolichenen heteromere und homoeomere Formen unterscheiden.

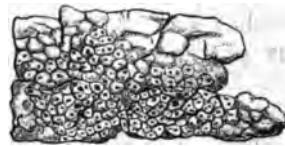
a) Die **heteromeren Pyrenolichenen** sind wie die heteromeren Discolichenen entweder Strauchflechten oder Laubflechten oder Krustenflechten.

α) Strauchflechten. Familie: Sphaerophoraceae.

β) Laubflechten. Familie: Endocarpaceae.

γ) Krustenflechten. Familien: Verrucariaceae, Pyrenulaceae, Pertusariaceae.

Die zu den **Verrucariaceen** gehörende Gattung *Verrucaria* besteht aus einer Anzahl häufiger, steinbewohnender Krustenflechten. *Verrucaria fuscoatra* zum Beispiel, welche einen schwarzbraunen, rissig gefelderten Thallus besitzt, findet sich überall auf kalkhaltigem Gestein, wie auf Mauern und Ziegeldächern. Die Perithezien sind bei diesen und bei einigen anderen Arten vom Thallus überwachsen. Die der Familie der **Pertusariaceen** angehörenden *Pertusaria*-Arten sind vorwiegend Bewohner von Baumrinden. *Pertusaria communis*, die gewöhnlichste Art, bildet häufig knorpelige Krusten von theegrüner Farbe und mit warziger Oberfläche; in die Warzen eingesenkt befinden sich die Perithezien, deren Asci meist nur eine oder zwei grosse Sporen enthalten (Fig. 238).



Figur 238.

Buchenrinde mit *Pertusaria communis*.

b) Die **homoeomeren Pyrenolichenen** umfassen nur wenige seltener vorkommende Arten. Sie sind entweder Gallertflechten oder Fadenflechten.

α) Gallertflechten. Familien: Porocyphaeae, Phyllisceae, Lichineae.

Die **Lichineen** sind kleine, gallertartige Strauchflechten, welche gleich kleinen Braunalgen auf wasserumspülten Felsen an der Meeresküste wachsen, einzige Gattung ist *Lichina*.

β) Fadenflechten. Familie: Ephebeae.

Die in den **Ephebeen** vorkommenden Algen sind Cyanophyceen aus der Familie der Sirospionaceen. Speziell in der Gattung *Ephebe*, welche in Gebirgs- gegenden Deutschlands nicht selten ist, besteht der Thallus aus Fäden der Alge *Sirospion*, deren verquollene Aussenwände von Pilzhyphen durchzogen sind. Der aus borstendicken, sehr ästigen Fäden bestehende Thallus bildet wenige Millimeter hohe, dichte, schwarze Rasen an feuchten Felsen.

Dritte Reihe: Die **Hymenolichenen**.

Diese Reihe umfasst nur wenige in den Tropen vorkommende Arten, in deren Thallus ein Hymenomycet als Symbiont vorhanden ist.

Hierher gehören die Gattungen *Cora*, *Rhipidonema*, *Laudatea* u. a.

Vierte Reihe: **Die Gastrolleichen.**

Auch diese Reihe wird von wenigen seltenen Arten gebildet. Der Pilz ist ein Gastromycet, die Gonidien sind Algen aus der Ordnung der Protococcoideen.

Emericella und *Trichocoma* sind hierher gehörige Gattungen.

II. Die Bryophyten oder Moose.

Der Vegetationskörper der Moose bildet einen bewurzelten Spross, welcher mittelst einer Scheitelzelle wächst. Die Wurzeln sind ohne Haube, der Spross bildet in den weniger häufigen Fällen eine thallose Laubausbreitung, meist ist derselbe ein einfaches oder verzweigtes Stämmchen, welches Laubblätter trägt. Das Gewebe besteht der Hauptsache nach aus parenchymatischen Zellen, Gefässbündel sind nicht vorhanden. In dem Entwicklungsgang der Pflanze tritt ein deutlicher Generationswechsel hervor. Aus der Keimung einer ungeschlechtlichen Spore entsteht ein Vorkeim, das Protonema, aus dem sich die geschlechtliche Generation, die eigentliche Moospflanze entwickelt, welche Antheridien und Archegonien trägt. Aus der Eizelle der Archegonien erwächst nach der Befruchtung die ungeschlechtliche Generation, das Sporogonium, welches wieder ungeschlechtliche Sporen hervorbringt.

Die Gruppe der Bryophyten besteht aus zwei Abtheilungen:

A) *Hepaticae* (Lebermoose) B) *Musci* (Laubmoose).

A) Die Lebermoose.

Die Lebermoose entwickeln ein unbedeutendes Protonema, welches bald in den Vegetationskörper der geschlechtlichen Pflanze übergeht. Die letztere ist entweder ein dorsiventraler, thalloser Spross mit Haarwurzeln an der Bauchseite, oder er ist ein bewurzeltes Stämmchen mit zwei- oder dreizeiliger Beblätterung in dorsiventraler Anordnung. Die Blätter haben keine Mittelrippe. Das Sporogonium ist ohne Deckel und Haube und öffnet sich unregelmässig oder durch zwei oder vier Längrisse vom Gipfel her. Eine Columella fehlt meistens. Zwischen den Sporen liegen Elateren, d. h. spindelförmige Zellen mit spiraligen Wandendickungen, welche bei manchen Arten durch ihre Hygroskopicität bei der Ausstreuerung des Sporen eine Rolle spielen. Hierher gehören drei Reihen:

1. *Marchantiaceae* (Seite 268), 2. *Anthocerotae* (Seite 269),
3. *Jungermanniaceae* (Seite 270).

Erste Reihe: **Die Marchantiaceen.**

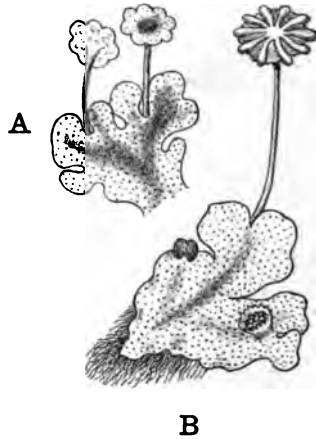
Der Vegetationskörper der *Marchantiaceen* ist ein dorsiventraler, thalloser Spross mit Haarwurzeln an der Unterseite. Die Sporogonien

öffnen sich unregelmässig mit Zähnen oder mit einem Deckel, eine Columella ist nicht vorhanden. Diese Reihe bildet eine Ordnung, welche aus zwei Familien besteht.

Familien: Ricciaceae, Marchantieae.

Die **Ricciaceen** haben keine Athemporen an dem Laube. Die Antheridien und Archegonien sind in offenen Höhlungen der Sprossoberfläche eingesenkt. Das Sporogonium bleibt in dem Archegonienbauch eingeschlossen. Sein Inhalt, welcher nur aus Sporen besteht, wird durch den Zerfall der Wand frei. Die Gattung *Riccia* ist in der einheimischen Flora durch mehrere Arten vertreten. *Riccia glauca* wächst in kleinen sternförmigen Gruppen auf feuchtem, lehmigem Ackerland. *Ricciella fluitans* hat schmal linealisches, wiederholt gabelig getheiltes Laub, welches im vegetativen Stadium frei im Wasser schlammiger Teiche und Gräben schwimmt. Wenn es an's Ufer gelangt, so wurzelt es fest und fructificirt.

Die **Marchantieen** entwickeln verhältnissmässig grosse, krautige Laubflächen, deren Oberfläche eine eigenthümliche, regelmässige Felderung zeigt, welche der Vertheilung der Lufthöhlen unterhalb der Epidermis entspricht (Fig. 143). In der Mitte jedes Feldes ist ein weiter Athemporus mit blossen Auge wahrnehmbar. Die Sporogonien öffnen sich unregelmässig mit Zähnen oder mit einem Deckel. Im Innern sind neben den Sporen zahlreiche Elateren vorhanden. Bei der Gattung *Targionia* stehen die Archegonien am Scheitel gewöhnlicher Laubsprosse, bei allen anderen Gattungen sind die Geschlechtsorgane auf besondere, umgewandelte Sprossabschnitte beschränkt. Diese als Receptaculum bezeichneten Gebilde sind meist hutpilzförmig oder schirmförmig, mehr oder minder lang gestielt. Bei *Marchantia polymorpha* (Fig. 239), welche überall an feuchten Stellen wächst, sind die Receptakeln, welche Archegonien tragen, lang gestielt, ihre Scheibe ist fast bis zur Mitte in acht oder mehr schmale, strahlenförmige Lappen getheilt, an deren Unterseite die Geschlechtsorgane stehen. Bei dem männlichen Receptaculum ist die Scheibe nur am Rande gekerbt. Die Antheridien sind an der Oberseite der Scheibe völlig eingesenkt. Die Sporogonien sind kurzgestielte, eiförmige Kapseln mit gelben Sporen und Elateren. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Brutknospen ist auf Seite 215 besprochen worden. Bei *Fegatella conica* ist die Scheibe des langgestielten weiblichen Receptaculum kegelförmig und ganzrandig oder doch nur schwach gelappt. Bei *Preissia* ist die Scheibe halbkugelförmig.



Figur 239.

Marchantia polymorpha
A mit männlichen, B mit weiblichen Receptakeln.

Zweite Reihe: Die Anthoceroten.

Der Spross ist ein unregelmässig gelapptes, horizontal ausgebreitetes Laub, dessen Rand gewöhnlich wellig gekräuselt ist. Die Antheridien und Archegonien sind in das Laub eingesenkt. Das reife Sporogonium öffnet sich von der Spitze her schotenartig mit zwei Klappen. Im Innern ist eine centrale Columella vorhanden, welche von Sporen und Elateren umgeben ist. Die Reihe enthält nur eine einzige gleichnamige Familie.

Die Familie der **Anthoceroten**, welche über die ganze Erde verbreitet



Figur 240.

Anthoceros laevis.
($\frac{2}{3}$ nach Luerssen.)

ist, wird in der einheimischen Flora nur durch wenige, theils seltener vorkommende Arten vertreten. Verhältnissmässig häufig ist *Anthoceros laevis*, welcher bisweilen nach der Ernte die Oberfläche feuchter Ackerstellen zwischen den Stoppeln überkleidet (Fig. 240).

Dritte Reihe: Die Jungermanniaceen.

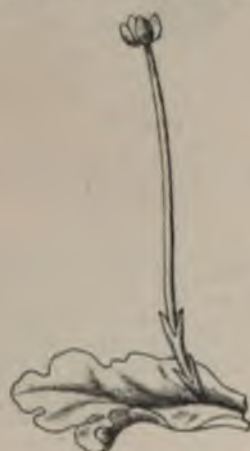
Die Jungermanniaceen haben entweder thallose oder regelmässig zwei- oder dreireihig beblätterte, dorsiventralsprossende Sprosse. Die Archegonien stehen einzeln an dem Thallus oder an den Enden der Sprosse oder ihrer Seitenzweige. Die reife Kapsel des Sporogoniums öffnet sich regelmässig durch Längsrisse mit vier Klappen. Der Inhalt besteht aus Sporen und Elateren, eine Columella ist nicht vorhanden. Man unterscheidet zwei Ordnungen:

- a) *Anacrogynae*, b) *Acrogynae*.

a) Die **anacrogynen Jungermanniaceen** haben fast ausnahmslos thallose Sprosse, die Archegonien und dementsprechend die Sporogonien stehen auf dem Rücken des Sprosses. Bisweilen sind die Archegonien von dem umgeschlagenen Rande des Laubes schützend umhüllt, in anderen

Fällen entsteht als Wucherung des benachbarten Sprossgewebes eine scheidenartige Schutzhülle, welche als *Involucrum* bezeichnet wird.

Familien: Metzgeriaceae, Aneureae, Haplolaeneae, Diplomitriaceae, Codonieae, Haplomitriaceae.



Figur 241.

Sprossstück von *Pellia epiphylla* mit einem geöffneten Sporogonium.

Die **Metzgeriaceen** haben einen linealischen, wiederholt gegabelten Spross, der von einer mehrschichtigen Mittelrippe durchzogen ist. Die Geschlechtsorgane stehen an kurzen, an der Unterseite der Mittelrippe entspringenden eingekrümmten Seitensprossen. *Metzgeria furcata* kommt ziemlich häufig an Baumrinden vor, *M. pubescens* bildet am Waldboden feuchter Gebirgsthäler oft fussbreite, saftige Rasen. Zu den **Haplolaeneen** gehört die überall häufige *Pellia epiphylla*, deren unregelmässig gelappter Spross an feuchten, quelligen Orten flache Rasen bildet (Fig. 241). Die Archegonien stehen zu mehreren, in einer nach dem vorderen Laubrande hin geöffneten taschenförmigen Hülle. Die zu den **Codonieen** gehörige Gattung *Fossombronina* bildet einen Uebergang von den thallosen zu den beblätterten Formen. Die Laubausbreitung des Sprosses ist zu beiden Seiten der Mittelrippe ziemlich regelmässig in blattartige Lappen zertheilt.

b) Die **acrogynen Jungermanniaceen** haben ausnahmslos beblätterte Sprosse. Es sind immer zwei seitlichstehende Reihen schräg angehefteter Blätter vorhanden, bei manchen Formen steht ausserdem auf der Bauchseite des Sprosses noch eine Zeile von Blättern, den sogenannten *Amphigastrien*, welche gewöhnlich viel kleiner sind als die als

Oberblätter bezeichneten seitlichen Blätter. Die Sprosse sind unregelmässig monopodial verzweigt. Die Zweige, welche Archegonien tragen, schliessen ihr Scheitelwachsthum mit der Ausbildung der Geschlechtsorgane ab. Die Archegonien sind meist von einer als Perianthium bezeichneten schlauch- oder becherförmigen Hülle umgeben, welche aus Blattanlagen hervorgeht. Die zunächst unter dem Perianthium stehenden Laubblätter sind meist abweichend gestaltet und bilden eine als Perichaetium bezeichnete Umhüllung des Archegonienstandes.

Familien: Jubuleae, Platyphylleae, Ptilidiae, Lepidozieae, Geocalyceae, Jungermanniae, Gymnomitriaceae.

Die **Jubuleen** haben ober-schläch-tige Blätter, d. h. der Vorderrand jedes Oberblattes liegt über dem Hinterrand des nächst jüngeren Blattes derselben Zeile. Die Oberblätter sind in zwei Lappen geteilt, von denen der hintere gewöhnlich öhrchenartig eingeschlagen ist. Bei der hierher gehörenden *Frullania dilatata*, welche überall an Baumstämmen oder Felsen kupferbraune oder grünschwärzliche Rasen bildet, ist der Oberlappen der Blätter kreisrund und ganzrandig, der Unterlappen ist fast halbkugelig, kappenförmig, hohl und bildet einen capillaren Wasserbehälter. Die zu den **Platyphylle**en gehörigen Gattungen *Radula* und *Madotheca* haben gleichfalls ober-schläch-tige Blätter. *Radula complanata* ohne Amphigastrien und *Madotheca platyphylla* mit grossen, ungetheilten Amphigastrien gehören bei uns zu den verbreitetsten Lebermoosen, sie bilden meistens dichte, grüne, reichlich fructificirende Rasen an Baumstämmen in feuchten Wäldern. Die Oberblätter der **Jungermannie**en sind unter-schläch-tig, d. h. der vordere Blattrand wird von dem nächst jüngeren Blatt derselben Zeile überdeckt. Die artenreichste Gattung ist *Jungermannia*, welche dadurch ausgezeichnet ist, dass das walzenförmige oder kantige Perianthium am Rande gezäh-nelt oder einfach gespalten oder gewimpert ist. Die Archegonien stehen meist am Gipfel des Hauptsprosses. *Jungermannia albicans*, *J. obtusifolia*, *J. bicrenata*, *J. trichophylla* kommen bei uns an Felsen und auf feuchtem Boden in schattigen Wäldern häufiger vor. Die ebenfalls zu den Jungermannieen gehörenden Gattungen *Scapania* (Fig. 242) und *Plagiochila* haben ein plattgedrücktes Perianthium. Die Blätter der ersteren Gattung sind in zwei aufeinander liegende Lappen geteilt. Bei *Plagiochila* sind die Blätter ungeteilt. *Plagiochila asplenoides* ist bei uns in Wäldern überall gemein.



Figur 242.

Sprossstück v. *Scapania undulata* mit einem geöffneten Sporogonium.

B) Die Laubmoose.

Die Laubmoose haben ein grosses, meist einer verzweigten Fadenalge ähnliches Protonema. Der Spross der am Protonema entstehenden geschlechtlichen Pflanze ist radiär gebaut und trägt spiralig gestellte Blätter. Die letzteren haben oft mehrschichtige Mittel- und Randrippen aus gestreckten Zellen. Das Sporogonium ist in der Jugend meist von der aus dem oberen Theil des Archegoniums hervorgegangenen Haube bedeckt und öffnet sich in der Regel durch Abwerfen eines Deckels, unter welchem meist ein Peristom am Rande der Kapsel stehen bleibt. Die Kapsel des Sporogoniums besitzt fast immer eine Columella, Elateren sind nie vorhanden. Man unterscheidet vier Reihen:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Sphagna (Torfmoose) (Seite 272), | 3. Cleistocarpae (Seite 273), |
| 2. Schizocarpae („ 272), | 4. Bryineae („ 273). |

Erste Reihe: Die Torfmoose.

Im Gegensatz zum Vorkeim aller übrigen Laubmoose ist das Protonema der Sphagna eine Zellfläche. Der Stengel der sich daraus entwickelnden geschlechtlichen Pflanze ist sehr regelmässig verzweigt. Die nervenlosen Blätter haben neben den chlorophyllhaltigen Zellen grosse, leere Zellen mit spiralförmiger Wandverdickung und weiten Poren. Gleiche Zellen, welche als capillare Leitbahnen und Reservoir des Wassers dienen, sind auch in der Stengelrinde vorhanden. Die Sporogonien, welche bei ihrem Wachsthum das Archegonium durchbrechen und also keine Haube tragen, sind sehr kurz gestielt, sie werden aber durch einen stielähnlichen, blattlosen Theil des sie tragenden Sprosses über die Laubblattregion emporgehoben, die kugelige oder kurz eiförmige Kapsel öffnet sich durch einen Deckel, ein Peristom ist nicht vorhanden. Die Columella ist zapfenförmig und erreicht die obere Wand der Kapsel nicht, so dass der Sporenraum glockenförmig ist. Die Reihe enthält nur eine einzige kleine Familie: Sphagnaceae.

Die einzige Gattung der Familie ist Sphagnum. Die Arten der Gattung bewohnen ausnahmslos feuchte Orte, besonders häufig finden sie sich auf Torfmooren, in schwammigen Polstern. Die von unten her absterbenden Pflanzen tragen wesentlich zur Vermehrung der Torfmasse bei. Als gemeinste überall verbreitete Arten können Sphagnum cymbifolium und Sph. acutifolium genannt werden (Fig. 243,1).

Zweite Reihe: Die Schizocarpen.

Die Schizocarpen sind kleine ausdauernde Moose mit dichotom verzweigten beblätterten Stengeln. Die gipfelständigen Sporogonien sind wie



Figur 243.

- 1 Sphagnum cymbifolium. 2 Andreaea rupestris. 3 Phascum cuspidatum. (10/1 n. Schimper.)

die der *Sphagna* kurz gestielt und von einem stielartigen Sprossabschnitt getragen. Sie sind bis zur Reife von dem zuletzt haubenartig abreisenden Archegonium eingehüllt. Die Wand der eiförmigen Kapsel spaltet sich bei der Reife durch Längsrisse in vier oben und unten zusammenhängende Klappen. Die zapfenförmige *Columella* erreicht den Scheitel der Kapsel nicht, so dass ein glockenförmiger Sporenraum bleibt.

Einzige Familie: *Andreaeaceae*.

Die Familie der *Andreaeaceen* enthält nur die eine Gattung *Andreaea*, deren Arten auf kieselhaltigen Felsen kleine braune oder schwärzliche Polster bilden. Von den wenigen in Deutschland vorkommenden Arten sind *Andreaea petrophila* mit nervenlosen Blättern und *A. rupestris*, deren Blätter eine Mittelrippe besitzen, am meisten verbreitet (Fig. 243, 2).

Dritte Reihe: Die *Cleistocarpen*.

Die *Cleistocarpen* sind kleine Moose, deren Stämmchen bis zur Reife des Sporogoniums mit dem meist wohl entwickelten Protonema in Verbindung bleiben. Das Sporogonium ist mehr oder minder lang gestielt. Die *Columella* geht bis zum Scheitel der Kapsel, so dass der Sporenraum einen Hohlzylinder bildet. Die Kapsel öffnet sich bei der Reife nicht regelmässig, sondern sie fällt ab, und die Sporen werden durch Verwesung der Kapselwand frei.

Familien: *Ephemereae*, *Phascaceae*, *Voitiaeae*, *Archidiaceae*, *Pleuriadiaceae*, *Bruchiaceae*.

Die genannten Familien umfassen alle nur wenige Gattungen und Arten. Als Beispiel möge das zu den *Phascaceen* gehörige, häufiger vorkommende *Phascum cuspidatum* genannt sein, welches auf Aeckern und Grasplätzen schmutzgrüne, wenige Millimeter hohe Rasen bildet (Fig. 243, 3).

Vierte Reihe: Die *Bryineen*.

Die Reihe der *Bryineen* umfasst die Mehrzahl aller Laubmoosarten. Die Stämmchen, welche sich an dem confervenartigen Protonema entwickeln, sind hinsichtlich ihrer Verzweigung und Beblätterung sehr verschieden. Sehr übereinstimmend und charakteristisch ist dagegen die Ausbildung des Sporogoniums. Die kürzer oder länger gestielte Kapsel trägt eine Haube und ist mit einem genabelten oder schnabelförmig ausgezogenen Deckel versehen, welcher bei der Reife abspringt. Meist ist an der Grenze zwischen dem Deckel und der übrigen Kapselwand ein Ring eigenthümlich ausgebildeter, meist stark verdickter Zellen, der *Annulus* vorhanden, durch dessen Verhalten die Ablösung des Deckels bewirkt wird. Das dem Stiel zugekehrte Ende der Kapsel, welches als *Apophyse* bezeichnet wird, erlangt bei manchen Arten gleichfalls eine besondere Ausbildung. Häufig ist das Gewebe der *Apophyse* mit Interzellularräumen versehen, welche durch Spaltöffnungen mit der Atmosphäre in Verbindung stehen. Am Rand der geöffneten Kapsel steht gewöhnlich ein *Peristom*, d. h. ein einfacher oder doppelter Kranz von zierlichen Zähnen, welche meist aus den verdickten Wandstellen zerrissener Zellen bestehen. Im Innern der Kapsel ist eine durchgehende *Columella* vorhanden, welche von einem hohlzylindrischen Sporenraume umgeben ist.

Wir unterscheiden zwei Ordnungen:

- a) *Acrocarpae*, b) *Pleurocarpae*.

a) Die **acrocarpen Bryineen** sind dadurch charakterisirt, dass bei ihnen die Archegonien am Gipfel des Hauptsprosses angelegt werden. Dementsprechend steht auch der Stiel des Sporogoniums in der Verlängerung der Sprossachse.

Familien: Weisiaceae, Leucobryaceae, Fissidentaceae, Seligeriaceae, Distichiaceae, Pottiaceae, Grimmiaceae, Tetraphidaceae, Schistostegaceae, Splachnaceae, Funariaceae, Bryaceae, Polytrichaceae, Buxbaumiaceae.

Zu den **Weisiaceen** gehören unter anderen die Gattungen *Dicranum* und *Dicranella*. *Dicranum scoparium* und *D. undulatum* sind robuste Moose, sie bilden überall in Wäldern auf der Erde und an Felsen lockere, grüne Polster und sind an ihren sichelförmigen, einseitwendigen Blättern leicht zu erkennen. Fig. 244. Die übergeneigte und gekrümmte Kapsel besitzt ein einfaches Peristom aus sechzehn quengerippten und an der Spitze gespaltenen Peristomzähnen. *Dicranella varia*, welche ebenfalls überall häufig ist, hat auch einseitwendige Blätter und eine ähnlich gebaute Kapsel, das Stämmchen ist aber viel zierlicher und wird selten über zwei Centimeter hoch. Die **Leucobryaceen** sind in der ein-

heimischen Flora nur durch eine Art, *Leucobryum glaucum*, vertreten. Das Moos bildet am Waldboden grosse, polsterförmige, oft halbkugelige Rasen, welche bei trockenem Wetter bleich grauweiss, feucht aber blass saftgrün erscheinen. Die Blätter enthalten ausser den sehr kleinen chlorophyllhaltigen Zellengrößen, poröse, leere Zellen, welche wie die ähnlichen Gebilde bei *Sphagnum*, als Wasserbehälter dienen.

Die **Fissidentaceen** haben schwertförmige Blätter, welche dadurch zustande kommen, dass die verlängerte Mittelrippe des normal angehefteten Blattes zu einem breiten, senkrecht zur Blattfläche stehenden Flügel auswächst. *Fissidens adiantoides* ist bei uns fast überall häufig und an den zweizeiligen, schwertförmigen Blättern leicht zu erkennen. Die **Pottiaceen** sind kleine Moose, deren langgestielte Kapsel gewöhnlich symmetrisch gebaut ist. Das Peristom ist einfach und besteht aus sechzehn gespaltenen oder aus zwei- und dreissig einfachen Zähnen. Überall häufige Arten sind *Pottia cavifolia*, *Barbula muralis*, *Ceratodon purpureus*.

Die **Grimmiaceen** sind kleine, in dichten Rasen oder Polstern wachsende astige Moose, welche Felsen oder Ziegel oder Baumrinden bewohnen. Das Peristom ist meist einfach, nur einige an Baumrinden, bei uns überall häufige Arten von *Orthotrichum*, wie *Orthotrichum obtusifolium*, *O. stramineum* u. a. m., haben hinter der äusseren Reihe von Peristomzähnen noch ein aus acht oder sechzehn Wimperlörstern gebildetes inneres Peristom. *Grimmia pulvinata* bildet an Felsen und auf Dächern dichte, halbkugelige Polster. Dieselben sind blaugrün oder schwärzlich gefärbt und haben einen oberflächlichen, weissgrauen Schimmer, welcher dadurch zu Stande kommt, dass die Mittelrippe der Blätter sich als langes, feingesagtes Glashaar über die Blattspitze fortsetzt.



Figur 244.

Dicranum scoparium.
(Nach Schimper.)



Figur 245.

Schistostega osman-dacea. (1^o n. l'ayer.)

Die **Tetraphidaceen** haben an ihrer langgestielten aufrechten und symmetrischen Kapsel ein nur aus vier Zähnen gebildetes Peristom. Jeder Zahn ist ein dreiseitig pyramidenförmiger Zellkörper, welcher durch Zerspaltung des unter dem Deckel gelegenen Kapselgewebes entstanden ist. *Tetraphis pellucida* bildet niedere hellgrüne Rasen an faulenden Baumstümpfen oder auf moorigem Boden. Die verästelten Stengel sind unten fast blattlos. Manche von ihnen tragen an der Spitze Brutbecherchen, in denen zahlreiche Brutknospen ausgebildet werden.

Die **Schistostegaceen** sind nur durch eine Art, *Schistostega osmundacea*, repräsentirt, welche aber durch den oben (S. 145) geschilderten Bau ihres Vorkeimes besonderes Interesse gewinnt. Die nicht fructificirenden Stengel des Mooses sind zweizeilig beblättert, mit vertical gestellten, herablaufenden Blättern, an den fertilen Sprossen sind die Blätter spiralig gestellt (Fig. 245). Die Blätter sind ohne Mittelrippe, die sehr kleine, kugelige Kapsel hat kein Peristom. Das Moos wächst nur in engen Felsenhöhlen, die kugeligen Zellen des Protonemas reflektiren das einfallende Licht in smaragdgrünem Glanze.

Bei den **Splachnaceen** zeigt die Apophyse der Kapsel bisweilen eine mächtige Entwicklung. Bei dem nicht gerade häufigen, auf Rindermist wachsenden *Splachnum ampullaceum* ist die Apophyse aufgeblasen, birnförmig, viel



Figur 246.

*Funaria
hygrome-
trica.*

breiter, als der die Sporen bergende cylindrische Theil der Kapsel, und purpurroth gefärbt.

Die **Funariaceen** sind kleine erdbewohnende Moose, meist mit einfachem, niedrigem Stengel. Die hierher gehörende Art *Funaria hygrometrica* ist bei uns überall gemein (Fig. 246). Die schiefe birnförmige Kapsel steht auf einem oben übergebogenen Stiel, welcher stark hygroscopisch ist und sich in feuchter Luft strickförmig eindreht.

In der artenreichen Familie der **Bryaceen** sind die Kapseln der Sporogonien meist regelmässig, glatt und mit verschmälter Apophyse versehen und daher birn- oder keulenförmig. Gewöhnlich nicken sie auf den Stielen oder hängen gänzlich nach abwärts. Das doppelte Peristom hat im äusseren Kreise sechzehn enggegliederte Zähne. Das innere Peristom wird von einer faltigen Membran gebildet, welche meist sechzehn zahnartige Fortsätze trägt, zwischen denen je zwei bis drei knotige Wimpern stehen. Bei der Gattung *Bryum*, welche mit gegen vierzig Arten in der deutschen Flora vertreten ist, sind die Wimpern des Peristoms meist mit langen, scharfen Anhängseln versehen. Häufiger vorkommende Arten sind *Bryum capillare*, dessen verkehrt eiförmige Blätter am Rande mit engeren Zellen gesäumt sind und in eine Haarspitze auslaufen, — und *Bryum argenteum*, dessen breit eiförmige Blätter dicht dachziegelartig aufeinander liegen, so dass die silber- oder grünlichweiss schimmernden Sprosse kätzchenartig erscheinen. Die ebenfalls sehr artenreiche Gattung *Mnium* unterscheidet sich von der vorhergenannten hauptsächlich dadurch, dass die Zellen des Blattes überall weit parenchymatisch sind, während bei *Bryum* die Blattzellen oben mehr prosenchymatische Ausbildung haben. Ausserdem ist der Antheridienstand bei *Bryum* knospenförmig von Blättern umschlossen und enthält neben den Antheridien fadenförmige Paraphysen, bei *Mnium* aber ist der Antheridienstand scheibenförmig geöffnet und die Paraphysen sind keulenförmig. *Mnium punctatum* mit ganzrandigen Blättern und *M. undulatum* mit gezähnten, lang zungenförmigen, wellig verbogenen Blättern sind in schattigen Wäldern überall häufig. Besonders die letztere Art gehört wegen ihrer Grösse und wegen der zierlichen Baumform der fruchttragenden Sprosse zu den



Figur 247.

*Polytrichum
commune.*

schönsten Moosen. Die stattlichsten Moose finden wir in der Familie der **Polytrichaceen**, welche sich durch die Ausbildung ihres Peristoms von den übrigen Moosen wesentlich unterscheidet. Das einfache Peristom besteht aus sechs- oder siebenzähligen, zwei- oder vierreihigen kurzen, ungetrennten Zähnen, von deren Gipfel aus ein als Paukenhaut bezeichneter Rest des Kapselgewebes die Mündung des entdeckelten Sporogoniums überzieht. *Polytrichum commune*, welches überall in dunkelgrünen Rasen weite Strecken des Wald- und Moorbodens überzieht, ist eine der grössten und schönsten Formen (Fig. 247). Das Stämmchen erreicht bisweilen eine Länge von 10 Centimetern. Das langgestielte, derbe Sporogonium trägt auf seiner vierkantigen Kapsel eine mit dichtem, herabhängendem Haarfilz bedeckte Haube, die Apophyse ist stark entwickelt und scharf abgesetzt. Fast ebenso häufig als die genannte Art ist bei uns *Atrichum undulatum*, dessen bis zu 5 cm hohes Stämmchen lang lanzettförmige, wellig verbogene Blätter trägt. Die Kapsel ist wurstförmig gekrümmt und mit langgeschnabeltem Deckel und einer kahlen Haube bedeckt.

b) Die **pleurocarpen Bryineen** tragen an dem fortwachsenden Hauptspross kleine seitliche Aeste mit Archegonien. Die Sporogonien scheinen also seitlich an dem verlängerten Spross zu stehen.

Familien: Fontinalaceae, Hookeriaceae, Neckeraceae, Leskeaceae, Fabroniaceae, Hypnaceae.

Die **Fontinalaceen** sind grosse, flutende Wassermoose mit dünnen, reich verzweigten Stengeln. Die Blätter stehen in drei Zeilen. Bei *Fontinalis antipyretica*, einer bei uns in stehenden und fliessenden Gewässern nicht seltenen Art, sind die Blätter kielig gefaltet, so dass Stengel und Aeste fast bis zur Basis hin scharf dreikantig sind. Die Sporogonien stehen am Grunde der Hauptäste auf der Spitze kurzer Seitenäste. Die Zähne des inneren Peristoms sind durch zierliche Querleisten mit einander zu einer gitterartig durchbrochenen Kuppel vereinigt.



Figur 248

Hypnum triquetrum.

Die **Neckeraceen** sind ziemlich grosse Moose mit flach polsterförmigem Wuchs. Die kriechende Hauptachse trägt kurze, oft fiederig angeordnete Seitenäste mit scheinbar zweizeiliger Beblätterung. *Neckera complanata*, welche überall an Baumstämmen gemein ist, hat zungenförmige, flache Blätter ohne Rippe. Bei *Neckera pennata*, welche besonders an Buchenstämmen häufiger vorkommt, sind die rippenlosen, eilanzettlichen Blätter quergerunzelt.

Die Familie der **Hypnaceen** stimmt in der Ausbildung des Peristoms mit den Bryaceen überein. Nach der Ausbildung des Blattzellnetzes und der Kapsel werden zahlreiche Gattungen unterschieden, unter denen die Gattung *Hypnum* die artenreichste ist. Die Blätter sind bei den *Hypnum*-arten der Hauptsache nach aus linealischen, meist etwas geschlangelten Zellen gebildet, nur an der Blattbasis ist das Zellnetz weitmaschiger und aus quadratischen Zellen bestehend. Der Deckel der Kapsel ist mehr oder weniger spitz und gar nicht oder nur ganz kurz geschnabelt. Bei dem verbreiteten, auf Erde, an Mauern, Felsen und Baumstämmen wachsenden *Hypnum cupressiforme* ist der Deckel der cylindrischen, meist schwach geneigten Kapsel lang zugespitzt. An dem unregelmässig fiederförmig verästelten Spross stehen sichelförmig einseitwendige, sehr schmal gespitzte Blätter, welche ganz oder fast ganz ohne Rippe sind. Bei den ebenfalls gemeinen Arten *Hypnum cuspidatum* und *H. Schreberi* sind die eilänglichen oder eirunden Blätter ziemlich stumpf und mit sehr kurzer Doppelrippe versehen. Die erstere Art hat an der Kapsel einen deutlichen Annulus, bei der letzteren fehlt derselbe.

Zu den gemeinsten Waldmoosen gehört *Hylocomium triquetrum*, deren robuste, spärlich fiederästige Stengel mit allseitswendigen, sparrig abstehenden Blättern vielfach zur Verfertigung von Mooskränzen verwendet werden (Fig. 248).

III. Die Pteridophyten oder Gefässkryptogamen.

Der Vegetationskörper ist in Wurzel, Stamm und Blätter gegliedert. Die Wurzeln besitzen eine Wurzelhaube. Im Gewebe sind typische Gefässbündel vorhanden. Der Generationswechsel ist deutlich erkennbar. Die aus der Spore erwachsende geschlechtliche Generation ist ein unscheinbares Prothallium. Als Geschlechtsorgane treten Antheridien und Archegonien auf. Die befruchtete Eizelle wird zur ungeschlechtlichen Pflanze, welche wieder Sporen erzeugt. Im Gegensatz zu den Moospflanzen zeigt bei den Gefässkryptogamen die ungeschlechtliche Generation die mächtigste vegetative Entwicklung.

Die Gefässkryptogamen bilden drei Reihen:

1. Filicinae (Seite 277), 2. Equisetinae (Seite 280),
3. Lycopodinae (Seite 281).

Erste Reihe: **Die Filicinae.**

Der nur spärlich oder nicht verzweigte Spross trägt kräftig entwickelte Blätter. Die letzteren sind oft reich verzweigt und besitzen eine complicirte Nervatur. Die Sporangien entstehen meist zahlreich auf unveränderten oder auf metamorphosirten Blättern, welche nicht auf eine bestimmte Region des Sprosses beschränkt sind.

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

- a) Eusporangiaten, b) Filices oder eigentliche Farne,
- c) Hydropteriden oder Wasserfarne.

a) Die **Eusporangiaten** sind dadurch ausgezeichnet, dass bei ihnen das Sporangium aus einem Complex von Blattzellen hervorgeht, während bei den Filices und den Hydropteriden, welche zusammen als Leptosporangiaten bezeichnet werden, eine einzige Epidermiszelle den Ausgangspunkt für die Entwicklung des Sporangiums bildet. Die Prothallien der Eusporangiaten tragen beiderlei Geschlechtsorgane. Die Antheridien sind in das Prothalliumgewebe eingesenkt.

Familien: Marattiaceae, Ophioglosseae.

Bei den **Marattiaceen** stehen die mit einer mehrschichtigen Wand versehenen Sporangien einzeln oder zu mehreren in einem Sorus vereinigt auf der Unterseite der Blätter. Der Spross ist ein dicker, knollenförmiger Stamm, die Blätter sind gross, einfach oder in verschiedener Weise zusammengesetzt. An der Blattbasis stehen bei den meisten Marattiaceen nebenblattartige Gebilde, welche die jüngeren Blattanlagen und die Stammspitze schützend umhüllen. Die Prothallien der Marattiaceen sind wie die der echten Farne herzförmige, grüne Laubplatten, welche mit Haarwurzeln am Boden haften. Die hierher gehörigen Gattungen *Angiopteris*, *Marattia*, *Kaulfussia* und *Danaea* sind nur in der heissen Zone Amerikas, Asiens und auf den Südseeinseln vertreten.



Figur 249.
Ophioglossum
vulgatum.

Die **Ophioglosse**n haben einen kurzen, unterirdischen Stamm, welcher in jeder Vegetationsperiode nur ein einziges Blatt entwickelt, das nur zum Theil laubblattartig ausgebildet ist. Ein gewisser Abschnitt des Blattes, welcher der Laubausbreitung entbehrt, trägt zahlreiche dickwandige Sporangien. Die Blätter haben eine scheidenförmige Basis, durch welche die jüngeren Theile des Sprosses schützend umhüllt werden. Die Prothallien der Ophioglosse sind knollenartig und tragen beiderlei Geschlechtsorgane. In der einheimischen Flora sind die Ophioglosse vertreten durch *Ophioglossum vulgatum* und *Botrychium Lunaria*. Bei ersterem ist der sterile Blatttheil eiförmig und ungetheilt, der fertile Theil einfach ahrenförmig (Fig. 249), bei *Botrychium* ist der sterile Theil einfach fiederschnittig mit halbmondförmigen Abschnitten, der fertile Blatttheil ähnelt einer gedrungenen Rispe.

b) Die **Filices** oder eigentlichen Farne tragen die aus einer einzigen Epidermiszelle hervorgehenden Sporangien an unveränderten oder wenig veränderten Blättern. Die Blätter sind ohne Nebenblätter. Die Wand des reifen Sporangiums besteht aus einer einfachen Schicht von Zellen, von denen einzelne durch verdickte Wände ausgezeichnet sind und einen Annulus bilden. Es werden nur einerlei Sporen gebildet. Die Prothallien tragen beiderlei Geschlechtsorgane, die Antheridien ragen über die Oberfläche des Prothalliums hervor.

Familien: Hymenophyllaceae, Cyatheaceae, Polypodiaceae, Gleicheniaceae, Schizaeaceae, Osmundaceae.

Die **Hymenophyllaceen** sind kleine, krautartige Farne mit zarten, meist aus einer Zellschicht gebildeten Blättern ohne Spaltöffnungen. Die Sporangien sind ungestielt und kugelförmig und haben einen schief oder quer zur Anheftungsstelle angeordneten, vollständig geschlossenen Annulus. Die Eröffnung der Sporenwand erfolgt in Folge dessen durch einen Längsriss. Die Sporangien sind zu Sori vereinigt, welche direkt am Blattrande auf einem vom verlängerten Nerven gebildeten fadenförmigen oder keulenförmigen Receptaculum stehen. Vom Blattrande her wird jeder Sorus durch ein becherförmiges oder muschelartig zweiklappiges Indusium eingehüllt. Die Prothallien sind fadenförmig oder band- und plattenartig von unbestimmten Umrissen. Die meisten Arten der hierher gehörenden beiden Gattungen *Hymenophyllum* und *Trichomanes* leben in feuchten Urwäldern der Tropen und Subtropen. In Deutschland ist nur eine Art, *Hymenophyllum Tunbridgense*, an einem einzigen Standorte gefunden worden.

Die **Cyatheaceen** sind meist grosse, theils baumartige Farne mit grossen, mehrfach gefiederten Blättern. Die Sori der mit einem schiefen, geschlossenen Annulus versehenen, sitzenden oder kurz und dick gestielten Sporangien stehen am Rande oder auf der Unterseite der



Figur 250
Polypodium vulgare.

Laubblätter und sind bei einigen Gattungen von einem napfförmigen oder zweiklappigen Indusium umgeben. Die Arten der hierher gehörenden Gattungen *Cibotium*, *Dicksonia*, *Alsophila*, *Hemitelia* und *Cyathea* gehören meistens den Tropen und den subtropischen Gegenden der südlichen Halbkugel an.

Die Familie der **Polypodiaceen** ist die artenreichste von allen, sie ist charakterisirt durch die gestielten, mit einem unvollständigen, vertikal gestellten Annulus versehenen Sporangien, welche sich durch einen Querriss öffnen. Die Sori stehen meist auf der Unterseite der Blätter, an dem Ende, dem Rücken oder der Flanke eines Nerven. Man unterscheidet fünf Unterfamilien:

1. **Acrosticheae**. Die Sporangien bilden keine begrenzten Sori, sondern sind gleichmässig über eine grössere Fläche des Blattes vertheilt. Ein Indusium ist nicht vorhanden. Gattungen: *Acrostichum*, *Platyserium*.
2. **Polypodieae**. Die begrenzten Sori sind ohne echtes Indusium, höchstens vom umgeschlagenen Blattrande überdeckt. Gattungen: *Gymnogramme*, *Polypodium*, *Phegopteris*, *Ceterach*, *Notochlaena*, *Adiantum*, *Allosorus*, *Pteris*.
3. **Asplenieae**. Die Sori sind länglich und seitenständig und werden von einem seitlichen Indusium überdeckt. Gattungen: *Blechnum*, *Asplenium*, *Athyrium*, *Diplazium*, *Scolopendrium*.
4. **Aspidieae**. Die rundlichen Sori stehen auf dem Rücken des Nerven und sind von einem verschiedenartig ausgebildeten, echten Indusium geschützt. Gattungen: *Aspidium*, *Cystopteris*, *Woodsia*, *Struthiopteris*.
5. **Davallieae**. Die Sori sind endständig am Zahn oder im Einschnitt des Blattrandes und sind von einem dem Blattzahn ähnlichen Indusium bedeckt. Gattung: *Davallia*.

Zu den verbreitetsten Farnen gehört bei uns *Polypodium vulgare* (Fig. 250). Dasselbe hat einen mit braunen Spreuschuppen dicht bedeckten, kriechenden rhizomartigen Spross, welcher auf dem Rücken zwei Zeilen langgestielter Blätter trägt mit ei-lanzettlicher, tief fiedertheiliger Spreite. Die Abschnitte des Blattes haben auf der Unterseite zwei Reihen rundlicher, bei der Reife brauner Sori. Von den Asplenieen kommt das fast über die ganze Welt verbreitete *Athyrium Filix femina* auch bei uns häufiger vor. Es trägt an dem schief aufsteigenden, reichbewurzelten Spross doppelt gefiederte Blätter mit lineal-lanzettlichen, fiederspaltigen Fiederchen, deren Lappen nach vorne gekrümmt und gezähnt sind. Die wenig in die Länge gezogenen Sori haben ein seitliches Indusium, welches erhalten bleibt. Die zu den Aspidieen zu stellende Art *Aspidium Filix mas* gehört seit Dioscorides Zeiten zum Arzneischatz; der Spross, *Rhizoma Filicis*, liefert ein Medicament, welches auch heute noch als sicher wirkendes Mittel gegen Würmer in hohem Ansehen steht. Das grosse, dicke Rhizom des Farns steht schief aufrecht und trägt doppelt gefiederte Blätter mit länglichen, stumpfen, gekerbten Fiederchen. Blattstiel und Mittelrippe sind mit braunen Spreuschuppen bedeckt. Die grossen, rundlichen Sori stehen in zwei Reihen auf der basalen Hälfte der Fiederchen und sind mit einem oberständigen, nierenförmigen, in der Bucht befestigten Indusium versehen. Zur Unterscheidung der Art von der vorher genannten *Athyrium Filix femina* möge noch angeführt sein, dass bei *Aspidium filix mas* auf dem Querschnitt des Blattstieles die Gefässbündel mit blossen Auge als acht bis zwölf rundliche Punkte erscheinen, während im Blattstiel von *Athyrium* nur zwei bandartige Gefässbündel vorhanden sind, welche sich weiter oben zu einem einzigen, im Querschnitt hufeisenförmigen Bündel vereinigen.

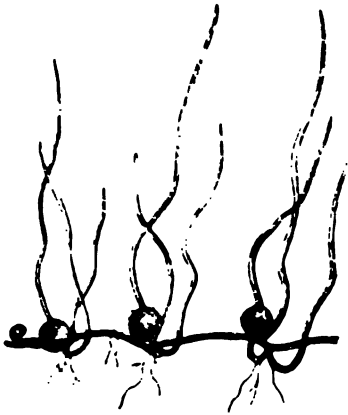
Die kleine Familie der **Osmundaceen** hat kurz und dick gestielte, schief ei- bis birnförmige Sporangien, deren Annulus auf eine hochseitenständige Gruppe dickwandiger Zellen reducirt ist. Die einzige bei uns einheimische Art der Familie, *Osmunda regalis*, hat grosse, länglich eiförmige, doppelt gefiederte, sterile Blätter. Die fertilen Blätter sind im unteren Theil ebenso beschaffen, ihr oberer Theil bildet aber eine dreifachgefiederte Rispe ohne deutliche Laubausbreitung, welche dicht mit rostrothen Sporangien bedeckt ist.

c) Die **Hydropteriden** oder **Wasserfarne**, so genannt, weil sie im Wasser oder doch auf sumpfigem Boden wachsen, sind wie die eigentlichen Farne leptosporangiat, sie unterscheiden sich von den letzteren

aber wesentlich dadurch, dass in verschiedenen Sporangien zweierlei Sporen, Mikrosporen und Makrosporen, erzeugt werden. Die einschichtige Sporangienwand ist ohne Annulus. Die Mikro- und Makrosporangien sind entweder für sich oder untermischt zu Sori vereinigt, welche in bohnenförmige oder kugelige, aus umgewandelten Blattzipfeln hervorgegangene Sporokarprien eingeschlossen sind. Aus den Mikrosporen gehen männliche, aus den Makrosporen weibliche Prothallien hervor. Dieselben sind rudimentär und bleiben ganz oder theilweise von der Sporenwand umhüllt.

Familien: Salviniaceae, Marsiliaceae.

Die **Salviniaaceen** sind kleine einjährige Pflanzen mit horizontal schwimmendem Spross. Die einzige in der heimischen Flora vertretene Gattung *Salvinia* ist völlig wurzellos. Die Blätter stehen in dreizähligen Quirlen. Je zwei Blätter jedes Quirls sind oval und ungetheilt und flach auf der Wasseroberfläche ausgebreitet; das dritte Blatt ist in viele, mit zarten Haaren besetzte, fadenförmige Zipfel zertheilt, welche in dichtem Büschel in's Wasser hinabhängen. Die kugeligen Sporocarprien, welche entweder nur Mikrosporangien oder nur Makrosporangien enthalten, stehen zu kleinen Gruppen vereinigt an den untergetauchten Blättern. *Salvinia natans* findet sich sehr zerstreut auf stehenden und langsam fließenden Gewässern in Mittel- und Süddeutschland.



Figur 251.

Pilularia globulifera.

Die **Marsiliaceen** haben einen horizontal kriechenden, an der Bauchseite bewurzelten Spross, welcher die aufrechten Blätter in zwei alternirenden Reihen trägt. Die Sporocarprien entspringen einzeln oder zu mehreren aus dem unteren Theil des Blattes. Sie enthalten stets mehrere Sori, in denen Mikrosporangien und Makrosporangien nebeneinander stehen. Die beiden hierher gehörenden Gattungen sind auch in Deutschland vertreten. *Pilularia globulifera* mit fadenförmigen, Blättern und kugeligen, vierfächerigen Sporocarprien, wächst an Seen und Gräben, besonders auf Torfgrund (Fig. 251).

Marsilia quadrifolia hat langgestielte Blätter, deren kleeblattähnliche Spreite aus zwei Paaren breitkeilförmiger Fiederblättchen zusammengesetzt ist. Die bohnenförmigen Sporocarprien entspringen zu zwei oder drei oberhalb der Blattstielbasis. *Marsilia* wächst sehr vereinzelt in Süddeutschland in Sümpfen und Gräben.

Zweite Reihe: Die Equisetinen.

Die Sprosse der Equisetinen sind reich verzweigt und knotig gegliedert. An den mit hohlen Internodien abwechselnden Knoten stehen Wirtel von kleinen Blättern, welche zu gezähnten Scheiden verbunden sind. Die Sporangien entstehen an schildförmigen Blättern, welche am Sprossgipfel zu ährenartigen Sporangienständen vereinigt sind.

Die Equisetinen bilden eine einzige Familie: Equisetaceae.

Die **Equisetaceen** oder Schachtelhalme, welche allein von der artenarmen Gattung *Equisetum* vertreten werden, sind eusporangiat, d. h. ihre Sporangien gehen aus einer Gruppe von Zellen hervor, wie diejenigen der **Marattiaceen** und

Ophioglosse. Die Sporangien enthalten nur einerlei Sporen, welche von je zwei bandartigen Elateren umhüllt sind. Die Prothallien sind trotzdem diöcisch, indem die schwächer entwickelten nur Antheridien, die kräftigeren nur Archegonien tragen. Bei einigen Arten sind die fertilen Sprosse der ungeschlechtlichen Pflanze von den sterilen in Form und Farbe verschieden. Die fertilen Sprosse gehen dann entweder nach der Sporenreife zu Grunde oder sie werden nachträglich durch Entwicklung grüner Zweige zu vegetativen Sprossen. Von den elf deutschen Arten ist *Equisetum arvense* bei uns überall gemein (Fig. 252). Die zuerst erscheinenden fertilen Sprosse sind röthlich gefärbt und unverzweigt, sie vertrocknen nach der Ausstreuung der Sporen. Später treten reichverzweigte, grüne, sterile Sprosse auf, welche ausdauern. Die sterilen Sprosse von *Equisetum arvense* und einige andere *Equisetum*-arten können wegen des reichen Kieselgehaltes der epidermalen Zellwände zum Scheuern von Zinngefäßen und zum Poliren von Holz und Horn verwendet werden.

Dritte Reihe: Die Lycopodinen.

Die oft reichverzweigte, selten einfache Sprossachse ist mit zahlreichen einfachen, meist kleinen Blättern besetzt,



Figur 253.

Lycopodium clavatum.

welche von einem unverzweigten Mittelnerven durchzogen sind. Die Sporangien stehen einzeln am Grunde von wenig oder nicht veränderten Laubblättern, oder sind etwas auf die Oberfläche der Sprossachse hinübergerückt. Häufig sind die fertilen Blätter zu endständigen Aehren vereinigt.

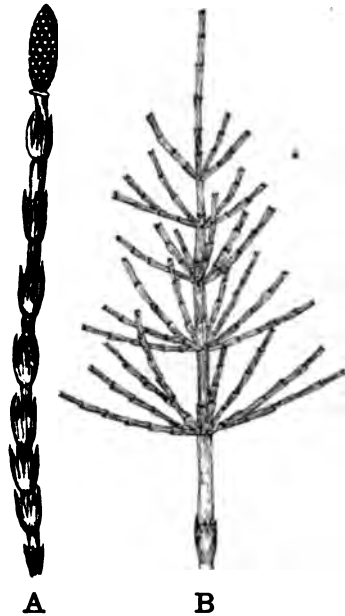
Wir unterscheiden zwei Ordnungen:

a) Isosporeae, b) Heterosporeae.

a) Die **isosporen Lycopodinen** haben nur einerlei Sporen. Die monöcischen Prothallien, welche, soweit bekannt, ganz oder theilweise unterirdisch leben, sind gross und selbständig und bleiben nicht von der Sporenhaut umhüllt. Die Antheridien sind in das Prothallium eingesenkt.

Familie: Lycopodiaceae.

Von den zur Familie der **Lycopodiaceen** gehörigen Gattungen ist nur die Gattung *Lycopodium* in unserer Flora vertreten. Der Habitus der Lycopodien ist moosartig. Die Sporophylle



Figur 252.

Equisetum arvense. A fertiler, B steriler Spross.

sind am Sprossgipfel zu ährenförmigen Fruchständen vereinigt. Jedes derselben trägt auf seiner Basis ein einziges, nierenförmiges Sporangium, welches sich bei der Reife durch einen Querriss öffnet. *Lycopodium clavatum*, der gemeine Bärlapp Fig. 253, hat einen weithin kriechenden, monopodial verzweigten, wurzelnden Stengel, welcher ringsherum dicht mit kleinen Blättern besetzt ist. Die fertilen Aeste sind aufrecht und spärlicher beblättert und tragen an ihrem Gipfel zwei oder mehr Sporangienähren, deren Sporophylle von den Laubblättern verschieden sind. Die tetraedrischen Sporen werden eingesammelt und sind unter dem Namen Bärlappsamen, *Lycopodium*, officinell.

b) Die **heterosporen Lycopodinen** haben Mikrosporen und Makrosporen, welche in verschiedenen Sporangien zur Ausbildung kommen. Jedes Sporophyll trägt ein Sporangium. In der Nähe des Sporangiums entspringt aus dem Sporophyll eine häutige Schuppe, die Ligula. Die Prothallien sind klein und rudimentär und bleiben während ihrer ganzen Entwicklung ganz oder theilweise von der Sporenhaut umschlossen.

Familien: Selaginellaceae, Isoëtaceae.

Der Spross der **Selaginellaceen** ist dünn und schlank, meist reichlich monopodial oder dichotomisch verzweigt und mit kleinen flachen Blättern besetzt.



Figur 254.

Isoetes lacustris.

Die Sporophylle bilden endständige, meist prismatisch vierkantige, seltener cylindrische Ähren vergl. Fig. 255. Die kugeligen Mikrosporangien enthalten zahlreiche Mikrosporen; in den etwas grösseren Makrosporangien werden nur je vier kugeltetraedrische Makrosporen ausgebildet. Die einheimischen Arten *Selaginella helvetica* und *S. spinulosa* kommen in Norddeutschland seltener, in Süddeutschland, besonders im Alpengebiet ziemlich häufig vor.

Die Familie der **Isoëtaceen** ist bei uns nur durch zwei im Wasser lebende, seltene Arten, *Isoetes lacustris* und *I. echinospora*, vertreten. Sie besitzen einen kurzen, unverzweigten, aufrecht stehenden Spross ohne Internodien. Die gewöhnlich bis 15 cm langen, binsenartigen Blätter stehen dicht gedrängt in spiraliger Anordnung. Die Sporangien sind in eine grubige Vertiefung der scheidenförmig erweiterten Blattbasis eingesenkt und von dem häutigen Rand der Grube theilweise überdeckt. Die Pflanzen sind ausdauernd und erzeugen in jeder Vegetationsperiode neue Blätter. Die äussersten Blätter tragen Makrosporangien, darauf folgen Blätter mit Mikrosporangien; die innersten Blätter der Rosette sind steril. Die Sporangien sind unvollkommen gefächert, indem der Sporenraum von

vorne nach hinten von Zellplatten oder Balken, den sogenannten Trabeculae, durchzogen wird.

IV. Die Gymnospermen.

Die Gymnospermen sind Bäume oder Sträucher mit typischen Gefässbündeln und sekundärem Dickenwachsthum in Spross und Wurzel. Die Sporophylle sind an einzelnen Sprossen oder Sprossabschnitten zu eingeschlechtigen Blüten vereinigt. Die Samenanlagen der weiblichen Blüten sitzen frei auf der Oberfläche ausgebreiteter nicht verwachsener Fruchtblätter. Aus den Samenanlagen werden nach der vermittelst eines Pollenschlauches erfolgten Befruchtung Samen, in denen der aus einer befruchteten Eizelle hervorgegangene von Endosperm umhüllte Embryo eine Ruhezeit durchmacht.

Die Gruppe umfasst drei Reihen:

1. Cycadeae (Seite 283),
2. Coniferae (Seite 283),
3. Gnetaceae (Seite 285).

Erste Reihe: Die Cycadeen.

Die Sprossachse der Cycadeen ist meist unverzweigt. Die grossen fiederförmig verzweigten farnblattähnlichen Blätter sind spiralig angeordnet. In dem durch sekundäres Dickenwachsthum erzeugten Holz sind keine typischen Gefässe sondern nur Tracheiden vorhanden.

Die Cycadeen bilden eine einzige gleichnamige Familie.

Die wenigen zur Familie der **Cycadeen** gehörigen artenarmen Gattungen *Cycas*, *Encephalartos*, *Zamia*, *Ceratozamia* u. a. leben nur in den warmen Zonen. *Cycas revoluta* wird bei uns viel in Warmhäusern gezogen; seine stattlichen, immergrünen Blätter werden unter der falschen Bezeichnung als Palmwedel von den Gärtnern zu Trauerkränzen verwendet.

Zweite Reihe: Die Coniferen.

Die Sprossachse der Coniferen ist reich verzweigt, die meist nadel- oder schuppenförmigen Blätter stehen spiralig oder in alternierenden Quirlen. Der Gefässtheil der Bündel und das durch sekundäres Dickenwachsthum gebildete Holz enthält nur Tracheiden, keine Gefässe.

Die Familien gruppieren sich in zwei Ordnungen:

- a) Pinoideae,
- b) Taxoideae.

a) Die **Pinoideen** haben vollkommene Zapfen, das heisst, die weiblichen Blüten bestehen aus einer Anzahl von schuppenartigen Fruchtblättern welche spiralig oder in Wirteln an einer gemeinsamen Achse stehen. Die Samenschale der Pinoideen ist lederartig, holzig oder knochenhart.

Familien: Cupressaceae, Taxodiaceae, Araucariaceae, Abietaceae.

In der Familie der **Cupressaceen** sind die nadel- oder schuppenförmigen Blätter und die Zapfenschuppen in zwei- oder mehrzähligen Quirlen angeordnet. Die orthotropen Samenanlagen sitzen selten einzeln, meist zu zwei oder mehreren auf einer schwachen Hervorragung an der Basis des Fruchtblattes. Ein einheimischer, überall verbreiteter Vertreter der Familie ist *Juniperus communis*, der Wachholder (Fig. 255). Die Pflanze ist strauchartig, selten baumförmig. Die nadel-



Figur 255.

Zweig von *Juniperus communis* mit weiblichen Blüten und Früchten.



Figur 256.

Zweig von *Pinus sylvestris* mit männlichen Blüten.

förmigen Blätter stehen in dreizähligen Quirlen. Die Blüten sind diöcisch vertheilt. Der Zapfen hat nur einen einzigen dreizähligen Quirl von Fruchtblättern, von denen drei Samenanlagen umschlossen sind. Der anfangs grüne Zapfen wird später zu einer wenig saftigen, schwärzlichen, blaubereiften Beere. Die Wachholderbeeren sind als *Fructus Juniperi officinell*. Die früher ebenfalls officinelle *Juniperus Sabina* hat schuppenförmige Blätter in vorherrschend zweizähligen Quirlen. Männliche und weibliche Blüten stehen auf demselben Strauch. Die Zapfen haben zwei oder drei Fruchtblattquirle und werden wie bei der vorigen Art zu runden, schwarzen Beeren. Manche ausländische Arten der ebenfalls zu den Cupressaceen gehörigen Gattungen *Cupressus*, *Thuja*, *Biota* u. a., werden als beliebte Zierbäume bei uns gezogen.

Bei den **Araucariaceen** sind Blätter und Zapfenschuppen spiralig gestellt, jedes Fruchtblatt ist einfach und trägt auf seiner Innenseite eine einzige anatrophe Samenanlage. In der einheimischen Flora ist die Familie nicht vertreten; *Dammara alba* und *D. splendida* liefern mit anderen südindischen Bäumen das officinelle Dammarharz, die *Resina Dammar* der Pharmacopöe.

Zu der Familie der **Abietaceen** gehört eine Anzahl einheimischer Waldbäume mit nadelförmigen Blättern, es handelt sich um die Gattungen *Pinus*, *Larix*, *Picea* und *Abies*. Allen gemeinsam ist, dass die spiralig gestellten Fruchtblätter aus zwei nur an der Basis verbundenen Theilen bestehen. Der zur Basis des Zapfens hin geneigte Theil wird Deckschuppe genannt. Der zur Spitze hin gewendete Theil, die Samenschuppe, trägt zwei Samenanlagen. Die reifen Samen sind von einem flügelartigen Hautrand umgeben. Die Arten der Gattung *Pinus* haben Lang- und Kurztriebe. An den letzteren stehen ausser einigen häutigen Schuppen nur wenige wintergrüne Nadeln. Bei *Larix* sind ebenfalls Lang- und Kurztriebe vorhanden (Fig. 36). Die Nadeln der letzteren stehen in grosser Zahl büschelig beieinander, sie sind weich und fallen im Herbst ab. Die Gattung *Picea* hat nur einerlei Sprosse. Die wintergrünen Nadeln sind vierkantig. Die Zapfen hängen mit der Spitze nach unten und lösen sich bei der Reife

ganz ab. *Abies* hat ebenfalls nur Langtriebe und wintergrüne Nadeln. Die letzteren sind aber flach. Die Zapfenspindel bleibt bei der Samenreife am Baum sitzen, die Zapfenschuppen lösen sich einzeln von derselben ab. *Pinus silvestris*, unsere gemeine Kiefer, trägt zwei Nadeln an jedem Kurztrieb (Fig. 256). Manche *Pinus*-arten sind officinell. *Pinus silvestris* liefert Holztheer (*Pix liquida*), *P. Laricio* und *P. Pinaster* werden zur Terpenthin-Gewinnung benutzt, letztere, sowie *P. australis* und *P. Taeda* liefern Terpenthinöl und Colophonium. *Larix europaea*, die gemeine Lärche, kommt bei uns nur in kleinen Beständen als Waldbaum vor. *Larix sibirica*, ein der vorigen Art sehr nahestehender Baum Nordrusslands und Sibiriens, findet, wie *Pinus silvestris*, zur Gewinnung von Holztheer Verwendung. *Picea vulgaris*, die gemeine Fichte, ist der häufigste Waldbaum unserer deutschen Gebirge. Seine Krone ist regelmässig kegelförmig; die vierkantigen, stachelspitzigen Nadeln stehen einzeln und zerstreut und sind rings um die Zweige gleichmässig ausgebreitet. Junge Fichten werden als Weihnachtsbäume verwendet. Die Gattung *Abies* ist in unseren Wäldern durch die Edeltanne, *Abies pectinata*, vertreten. Die Nadeln der Edeltanne sind flach, an der Spitze ausgerandet, unterseits mit zwei weissen Linien versehen. Sie stehen in spiraliger Anordnung, durch Krümmung gewinnen sie indess an den Zweigen eine anscheinend zweizeilige Stellung. Manche ausländische Arten, wie *Abies Nordmanniana*, *A. balsamea* u. a. m., werden bei uns als Zierbäume gezogen.

b) Die **Taxoideen** haben meist nur wenige Samenanlagen in den weiblichen Blüten. Die Zapfenbildung ist unvollkommen oder fehlt gänzlich. Die Umhüllung des reifen Samens ist weich und fleischig.

Familie: **Taxaceae**.

Die Familie der **Taxaceen** ist bei uns durch den Eibenbaum, *Taxus baccata*, vertreten, der sich wildwachsend nur noch vereinzelt findet, vielfach aber in Anlagen zu Hecken und Lauben oder zu Formbäumen gezogen wird. Die Ausbildung von Fruchtblättern ist bei *Taxus* gänzlich unterdrückt. Die weibliche Blüthe besteht nur aus einer Samenanlage, welche auf der Spitze eines kurzen Seitenzweiges steht. Der reife Same ist von einem fleischigen, leuchtend roth gefärbten Arillus umgeben.

Dritte Reihe: Die **Gnetaceen**.

Die wenigen Arten der Reihe haben sehr verschiedene Gestalt. Gemeinsam ist allen das Auftreten von Hüllblättern an den Blüten und das Vorkommen echter Gefässe in dem durch sekundäres Dickenwachsthum gebildeten Holzkörper.

Die Reihe umfasst nur eine gleichnamige Familie.

Die Familie der **Gnetaceen** wird von drei Gattungen *Gnetum*, *Ephedra* und *Welwitschia* gebildet, von denen in Europa nur eine, *Ephedra*, in Deutschland keine vertreten ist. *Ephedra distachya* erinnert im Habitus an die Equiseten. Die langen, dünnen, reichverzweigten Stengel sind gegliedert, die kleinen Blätter bilden an den Stengelknoten zweizählige Scheiden. Die männlichen



Figur 257.

Zweig von *Taxus baccata* mit weiblichen Blüten und Früchten.

Blüthen bestehen aus zwei bis acht zu einer Säule verbundenen Staubblättern, welche von einer zweitheiligen, verwachsenblättrigen Hülle umgeben sind. Die die Samenanlagen umgebenden Hochblätter werden bei der Samenreife zu einer fleischigen, rothgefärbten Hülle. Die im Südwesten von Afrika lebende Wustepflanze *Welwitschia mirabilis* hat einen rübenähnlichen Spross, der nur aus dem secundär verdickten Hypokotyl besteht und bis zu vier Meter Umfang erreicht. Die beiden zuerst entwickelten Blätter des Sprosses sind ausdauernd und bilden während der ganzen Lebenszeit der Pflanze die einzigen Laubblätter. Sie sind breit riemenförmig, von lederartiger Beschaffenheit und verlängern sich unausgesetzt durch intercalares Wachsthum. In der Achsel der Blätter entspringen die Blüthensprosse. Die Arten der Gattung *Gnetum* nähern sich in dem Bau ihres Vegetationskörpers schon sehr den Dicotyledonen; sie haben derbe, lanzettliche, fiedernervige Laubblätter. *Gnetum Gnemon* wird wegen der geniessbaren Blätter und Früchte von den Eingeborenen der ostindischen Inseln angebaut.

V. Die Monocotyledonen.

Die Monocotyledonen sind meist Kräuter, seltener Bäume oder Sträucher. Die Blätter sind gewöhnlich ungestielt, einfach und ganzrandig, mit parallelen oder bogenförmigen Nerven. Nebenblätter sind nicht vorhanden. Die Gefässbündel, welche den ganzen Vegetationskörper durchziehen, sind geschlossen und meist scheinbar regellos über den Querschnitt des Sprosses vertheilt. Unter den seitlichen Blüthen steht gewöhnlich ein einziges Vorblatt. Zahl- und Stellungsverhältnisse der Blüthen lassen sich häufig auf die Formel

$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ G\ 3$$

zurückführen. Die Samenanlagen sind in einen aus den Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten eingeschlossen. Der Embryo des reifen Samens hat einen Cotyledon.

Die Monocotyledonen gruppiren sich in sechs Reihen:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1. Liliiflorae (Seite 286). | 4. Scitamineae (Seite 291). |
| 2. Spadiciflorae (Seite 288). | 5. Gynandreae (Seite 292). |
| 3. Glumiflorae (Seite 290). | 6. Helobiae (Seite 293). |

Erste Reihe: Die Liliifloren.

Die Blüthenhülle ist ein Perigon aus meist grossen, kronblattartig gefärbten Blättern, welche je zu dreien in zwei alternirenden Kreisen stehen. Das Androeceum ist gleichfalls aus zwei dreizähligen, alternirenden Blattkreisen gebildet; bisweilen fehlt ein Staubblattkreis. Das Gynaeceum besteht aus drei miteinander verwachsenen Fruchtblättern, die Samen enthalten Endosperm.

Wir unterscheiden zwei Ordnungen:

- a) Carnosae. b) Farinosae.

a) Die **Carnosae**. Die Samenanlagen sind meist deutlich anatrop, das Endosperm ist fleischig oder knorpelig.

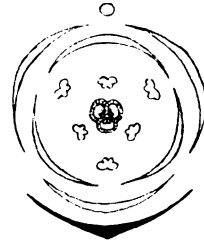
Familien: Liliaceae, Haemodoraceae, Amaryllidaceae, Iridaceae, Dioscoraceae, Taccaceae.

Die Familie der **Liliaceen** ist durch ihre durchaus regelmässigen Blüten mit oberständigem Fruchtknoten ausgezeichnet. Die Blüten entsprechen der Formel:

$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ G(\overline{3}).$$

Selten tritt statt der Dreizahl die Vierzahl in allen Kreisen auf. Die meisten Liliaceen sind krautartige Pflanzen mit ausdauernden Rhizomen oder mit Zwiebelbildung; nur wenige, wie die bei uns als Ziergewächse bekannten Arten von *Yucca* und *Dracaena*, sind ausdauernde holzige Pflanzen, die zum Theil baumartige Formen erreichen und ein secundäres Dickenwachsthum des Stammes zeigen. Nach der Ausbildung der Frucht unterscheidet man drei Unterfamilien:

1. **Lilieae.** Die Frucht ist eine loculicide Kapsel. Die Antheren sind intrors. Gattungen: *Tulipa*, *Fritillaria*, *Lilium*, *Allium*, *Ornithogalum*, *Scilla*, *Urginea*, *Hyacinthus*, *Aloë*, *Yucca* (Fig. 258).
2. **Melanthieae.** Die Frucht ist eine septicide Kapsel. Die Antheren sind extrors. Gattungen: *Colchicum*, *Veratrum*, *Sabadilla*, *Tofieldia* (Fig. 259).
3. **Smilacaceae.** Die Frucht ist eine Beere. Gattungen: *Convallaria*, *Majanthemum*, *Asparagus*, *Paris*, *Ruscus*, *Smilax*, *Dracaena*.



Figur 258.

Ornithogalum umbellatum.

Die meisten der genannten Gattungen sind auch in der einheimischen Flora vertreten. Viele Arten werden ihrer schönen Blätter und Blüten wegen als Ziergewächse gezogen; andere, besonders Arten von *Allium* und *Asparagus officinalis*, sind Küchengewächse. Einige Liliaceen sind officinell. *Urginea maritima* liefert die Meerzwiebel, *Bulbus Scillae* der Pharmacopöe; der eingekochte Saft der Blätter verschiedener Aloëarten, besonders von *Aloë ferox* und *A. africana*, bildet die unter dem Namen Aloë geführte Droge. Die Herbstzeitlose, *Colchicum autumnale*, liefert den Zeitlosensamen, Samen *Colchici*. Die weisse Nieswurz, *Rhizoma Veratri*, stammt von *Veratrum album*; verschiedene mittelamerikanische *Smilax*-Arten liefern die Sarsaparille, *Radix Sarsaparillae*.

In der Familie der **Amaryllidaceen** sind die Blüten ebenso regelmässig gebaut, als bei den Liliaceen, der Fruchtknoten ist aber stets unterständig, so dass den hierher gehörenden Arten die Formel:

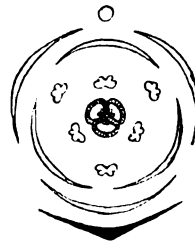
$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 3\ G(\overline{3})$$

zukommt. Als Beispiel möge das Schneeglöckchen, *Galanthus nivalis*, genannt sein und die bei uns als Gartenzierpflanzen cultivirten Narcissen, *Narcissus poeticus* und *N. Pseudonarcissus*.

Die Familie der **Iridaceen** ist charakterisirt durch das Fehlen des inneren Staubblattkreises und den unterständigen, dreifächerigen Fruchtknoten mit drei oberwärts getrennten Narben (Fig. 260). Ihre Formel lautet also:

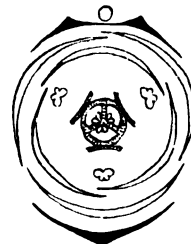
$$P\ 3 + 3\ A\ 3 + 0\ G(\overline{3}).$$

Die Gattung *Iris* hat ein fleischiges, verzweigtes, horizontal kriechendes Rhizom, die oberirdischen Sprosse tragen zwei Zeilen von schwertförmigen Blättern, der Blütenstand ist eine Fächel. Die drei Lappen des Griffels sind kronblattartig ausgebildet und über die drei Staubblätter hergeneigt. Die gelbblühende *Iris Pseudacorus* ist bei uns in Sümpfen, an Teichen und Gräben häufig. Manche Arten von *Iris* werden bei uns als Zierpflanzen gezogen. *Iris germanica*, *I. pallida* und *I. florentina* liefern die Veilchenwurz, *Rhizoma Iridis* der Pharmacopöe. Die Gattung *Crocus* besitzt einen kurzen, aufrechten, am unteren Ende



Figur 259.

Colchicum autumnale.



Figur 260.

Iris.

knolligen Spross mit linealen Blättern und einer endständigen Blüthe. Das Perigon ist verwachsenblättrig, trichterförmig. Die drei Staubblätter sind dem Schlund der Blüthe eingefügt, die fleischigen Narben sind breit keilförmig. Die gesättigt braunrothen Narben von *Crocus sativus* sind officinell. Die Droge wird als Safran, *Crocus*, bezeichnet.

b) Die **Farinosen** haben meist orthotrope Samenanlagen. Das Endosperm der reifen Samen ist mehlig.

Familien: Restiaceae, Eriocaulaceae, Bromeliaceae, Commelinaceae, Pontederiaceae.

Die hierher gehörenden Familien werden meist von wenigen Gattungen gebildet, sie sind in der einheimischen Flora nicht vertreten. Zu den **Commelinaceen** gehören die bei uns als Zierpflanzen gezogenen Tradescantien.

Zu den **Bromeliaceen** gehört die aus Centralamerika stammende *Ananas*, *Ananas sativus*, welche wegen der saftigen, aromatischen, zu einem ährenförmigen Fruchtstand vereinigten Früchte geschätzt wird.

Zweite Reihe: Die Spadiceifloren.

Die Blüthen sind meist eingeschlechtig ohne Blüthenhülle oder mit kleinem, unscheinbarem Perigon. Der Blüthenstand ist ein Spadix oder eine Rispe mit dicken Zweigen und wird gewöhnlich von einer blumenblattartigen Spatha umhüllt. Der Same ist meist gross und endospermreich und enthält einen geraden Embryo.

Wir unterscheiden drei Ordnungen:

- a) Spathiflorae. b) Principes. c) Pandanales.

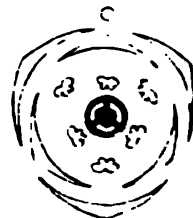
a) Die **Spathifloren**. Das Perigon ist, wenn überhaupt vorhanden, aus einem oder zwei Blattkreisen gebildet. Androeceum und Gynaeceum sind bisweilen auf ein Staubblatt beziehungsweise auf ein Fruchtblatt reducirt. Der Blüthenstand ist eine Spatha mit Spadix. Der Spross ist meist sympodial verzweigt, selten stammbildend.

Familien: Araceae, Lemnaceae.

Die **Araceen** sind ganz kahle, meist mehrjährige Kräuter mit Knollen oder ausdauernden Rhizomen. Die Blüthen sind klein und unscheinbar, die Frucht ist fast immer eine Beere. Man kann zwei Unterfamilien unterscheiden:

1. Die Areen haben eingeschlechtige Blüthen. Die unteren Blüthen des Kolbens sind weiblich, die oberen männlich. Gattungen: *Arum*, *Colocasia*, *Caladium*.
2. Die Orontieen haben zweigeschlechtige Blüthen. Gattungen: *Acorus*, *Anthurium*, *Calla*, *Richardia*, *Monstera*.

Arum maculatum mit glänzend grünen, oft braungefleckten, spieß-pfeilförmigen, grundständigen Blättern wächst bei uns in schattigen Laubwäldern. *Colocasia esculenta* wird wegen ihrer geniessbaren, rubenartigen Knollen fast in allen Tropenländern angebaut. Viele Arten von *Caladium* sind wegen ihrer schönen, schildförmigen Blätter mit herzpfeilförmigem Umriss als Zierpflanzen beliebt. *Acorus Calamus* ist im funfzehnten Jahrhundert in Deutschland als Nutzpflanze eingeführt worden und wächst jetzt überall in Sumpfen und Gräben wild Fig. 261. An dem wagerecht



Figur 261.

Acorus Calamus.

kriechenden, schwammig fleischigen Wurzelstock erheben sich über 1 Meter hohe Laubblattbüschel von schmal linealen, schwertförmigen Rähmern. Der Blüthenspross trägt an der Spitze einen fleischigen, dicht mit Zwitterblüthen besetzten Kolben: indem aber die lange, laubblattartige Spatha sich in die Verlängerung der Sprossachse stellt, wird der Spadix zur Seite gedrängt, so dass er seitlich an dem stielartigen Theil eines Blattes zu stehen scheint. Das Rhizom ist officinell und wird in der Pharmacopöe als Kalmuswurzel, *Rhizoma Calami* bezeichnet. *Calla palustris* mit porzellanweisser Spatha und rothen Beeren ist eine nicht gerade häufig vorkommende, einheimische Sumpfpflanze. Die aus Afrika stammende *Richardia aethiopica* wird wegen ihrer schönen Blätter und der grossen tutenförmigen, porzellanweissen Spatha häufig unter dem Namen *Calla* im Zimmer als Topfpflanze gezogen. *Monstera deliciosa* hat, wie Fig. 25 zeigt, durchlöchernte Blätter und lange Luftwurzeln. Sie ist gleichfalls als Zierblattpflanze beliebt.

Die **Lemnaceen** sind sehr kleine, frei schwimmende Wasserpflanzen mit sehr reducirtem, thallusartigem Spross. *Lemna polyrrhiza*, *L. minor* und *L. trisulca*, welche bei uns als Wasserlinsen oder Entengrütze bezeichnet werden, überziehen häufig in dichter Lage die ganze Oberfläche von Teichen und Gräben.

b) Die **Principes**. Die Blüthen sind meist eingeschlechtig. Staubblätter sechs, seltener drei, häufiger neun oder mehr. Das Gynaeceum besteht aus drei meist verwachsenen Fruchtblättern, die Blüthen stehen an einfachen oder rispig verzweigten Kolben.

Familie: *Palmae*.

Die **Palmen** sind zum Theil mehr oder minder hochstämmige Bäume mit unverzweigtem Stamm, zum Theil lianenartig kletternde Gewächse der Tropen. Der Spross ist meistens unverzweigt. Die Blätter sind in der Knospenlage dicht gefaltet und unverzweigt, indem aber an den Kanten der Falten ein Gewebestreifen abstirbt, lösen sich die Blätter in einzelne Abschnitte auf, so dass handförmig getheilte oder gefiederte Blattflächen zu Stande kommen. Zu den Fiederpalmen gehören *Cocos nucifera*, ein Küstenbaum aller tropischen Länder, dessen grosse, eiförmige, stumpf dreikantige Früchte als Kokosnüsse in den Handel kommen, und *Phoenix dactylifera*, die Dattelpalme, welche in Nordafrika einheimisch ist und selbst noch in Südspanien gedeiht. Zu den lianenartigen Palmen gehört *Calamus Rotang* in Ostindien, dessen schlanke, biegsame Stämme bei uns als spanisch Rohr in den Handel kommen und zu allerlei Flechtwerk, besonders zu Stuhlsitzen, ferner zu Spazierstöcken und zu anderen nützlichen Gegenständen verwendet werden. Die einzige in Europa und zwar im Mittelmeergebiet einheimische Palme ist *Chamaerops humilis* mit niedrigem Stamm (oft fast gänzlich stammlos) und fächerförmigen, handförmig gespaltenen Blättern.

c) Die **Pandanalen**. Die Blüthen sind eingeschlechtig mit einem bis vielen Staub- oder Fruchtblättern und stehen in zusammengesetzten kugeligen oder kolbenförmigen Blütenständen.

Familie: *Thyphaceae*, *Pandanaceae*.

Die **Typhaceen** sind in der einheimischen Flora durch den überall in Sümpfen und Teichen wachsenden Rohrkolben, *Typha latifolia*, vertreten. Die weiblichen und die männlichen Blüthen bilden jede Art für sich walzenförmige Kolben. Der gelbe männliche Kolben steht über dem schwarzbraunen, daumen-dicken weiblichen Kolben an einer halmartigen, ungegliederten Achse, welche lange, linealische Blätter trägt.

Die **Pandanaceen** sind tropische Bäume und Sträucher mit holzigen, gabelig verzweigten, bisweilen von Luftwurzeln gestützten Stämmen und spiralig gestellten, einfachen, dornigen Blättern. Die Blüthen stehen in einfachen oder verzweigten Kolben oder Köpfchen. Gattung *Pandanus*.

Dritte Reihe: Die Glumifloren.

Die Blüthenhülle der kleinen unterständigen Blüthen besteht aus spelzenartigen oder haarähnlichen Gebilden oder fehlt ganz. Das Androeceum besteht aus einem, seltener aus zwei dreizähligen Staubblattkreisen. Der Fruchtknoten ist bei den meisten einfächerig und enthält nur eine Samenanlage, daneben kommen dreifächerige Fruchtknoten mit vielen Samenanlagen vor.

Familien: Juncaceae, Cyperaceae, Gramineae.

Die Blüthen der **Juncaceen** sind regelmässig gebaut und meist vollständig. Sie entsprechen dem typischen Monocotylendiagramm und der Formel:

$$P\ 3 + 3.A\ 3 + 3.G\ (3).$$



Figur 262

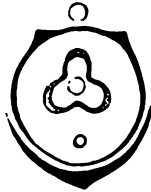
Luzula campestris.

seltener fehlt der innere Staubblattkreis. Der Fruchtknoten ist dreifächerig oder einfächerig mit mehreren Samenanlagen und trägt einen oben in drei gewundene Narbenlappen ausgehenden Griffel. Die Gattung *Juncus*, von welcher zahlreiche Arten bei uns einheimisch, einige, wie *Juncus bufonius*, *J. lamprocarpus*, *J. effusus* und *J. conglomeratus*, überall häufig sind, ist durch kahle, meist stielrunde Blätter mit offener Scheide ausgezeichnet. Die Gattung *Luzula* hat flache, grasähnliche Blätter mit geschlossener Scheide. *Luzula campestris* und *L. pilosa* sind bei uns überall häufig.

Die **Cyperaceen** oder Riedgräser haben stets unvollständige Blüthen. Das Perianth fehlt oder wird aus Borsten gebildet, das Androeceum besteht aus drei oder zwei Staubblättern in einem Kreise, das Gynaeceum wird von zwei oder drei Fruchtblättern gebildet. Der Fruchtknoten ist stets einfächerig und enthält nur eine Samenanlage. Die oberirdischen Sprosse sind meist dreikantig und dreizeilig beblättert, die Blätter sind lineal und haben eine geschlossene Scheide. Man unterscheidet zwei Unterfamilien:



A



B

Figur 263.

Carex. A männliche, B weibliche Blüthe.

1. **Scirpeae.** Die Blüthen sind zweigeschlechtlich. Gattungen: *Scirpus*, *Helopharis*, *Eriophorum*, *Cyperus*.
2. **Cariceae.** Die Blüthen sind eingeschlechtlich und meist zu eingeschlechtigen Ähren vereinigt. Gattung: *Carex*.

Die Gattungen *Scirpus* und besonders

Carex sind mit vielen, oft schwer zu unterscheidenden Arten bei uns einheimisch. Sie wachsen meist an feuchten Standorten und beeinträchtigen auf Weiden und Wiesen durch Unterdrückung des Graswuchses den Werth des Futters.

Die Familie der **Gramineen** oder Gräser ist sowohl durch den Bau der Blüthen und Blüthenstände, als durch den Habitus der vegetativen Theile gut charakterisirt. Die Blüthen sind stets unvollkommen. Die Blüthenhülle ist auf zwei winzige Schuppchen, die *Lodiculae*, reducirt, das Androeceum besteht aus drei Staubblättern in einem Kreise. Der Fruchtknoten, welcher nur eine Samen-



Figur 264

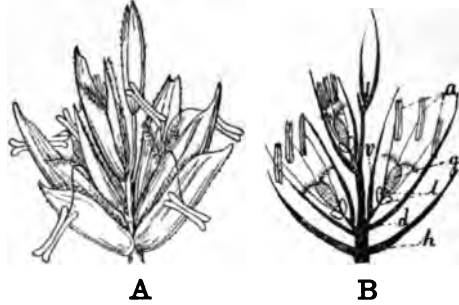
Scirpus silvaticus



Figur 265

Gramineen.

anlage enthält, hat zwei federförmige Narben. Statt der fehlenden Blütenhülle bewirken zwei unter der Blüthe stehende spelzenartige Hochblätter den Schutz der inneren Blüthentheile. Die beiden Hochblätter entsprechen dem Deckblatt und dem Vorblatt anderer Monocotyledonen und werden als Deckspelze bezw. Vorspelze bezeichnet. Die Blüten der Gramineen stehen zu mehreren an einer gemeinsamen Spindel und bilden ein Ahrchen. Unter der Deckspelze der untersten Blüthe des Ahrchens stehen noch mehrere Spelzen, in deren Achseln keine Blüten entwickelt werden. Diese als Hüllspelzen bezeichneten Organe bilden eine schützende Hülle für das ganze Ahrchen. Die einzelnen Ahrchen sind entweder stiellos an einer Hauptspindel angeordnet oder sie sind langgestielt und zu rispenartigen Inflorescenzen zusammengestellt. Die oberirdischen Sprosse der Gräser sind stielrunde, meist hohle, knotig gegliederte Halme. Die linealen Blätter mit meist offener Scheide und häutiger Ligula sind in zwei gegenüberstehenden Zeilen angeordnet. Man unterscheidet zwei Unterfamilien:



Figur 266.

A Ein Weizenährchen (nach Müller). **B** Schematische Darstellung der Organanordnung in dem Ahrchen, *h* Hüllspelze, *d* Deckspelze, *v* Vorspelze, *l* Lodiculae, *a* Staubblätter, *g* Fruchtknoten.

1. **Panicoideae.** Jedes Ahrchen hat an seiner Basis mehr als zwei Hüllspelzen. Gattungen: *Oryza*, *Phalaris*, *Anthoxanthum*, *Andropogon*, *Saccharum*, *Zea*, *Panicum*.
2. **Poaeoideae.** Jedes Ahrchen hat nur zwei Hüllspelzen. Gattungen: *Milium*, *Nardus*, *Agrostis*, *Holcus*, *Avena*, *Poa*, *Festuca*, *Triticum*, *Secale*, *Hordeum*, *Lolium*, *Bambusa*.

Eine grosse Anzahl von Gräsern nimmt in hervorragender Weise an der Zusammensetzung unserer Flora theil. Viele Gräser sind weitverbreitete Kulturpflanzen, die in ihren stärkereichen Samen wichtige Nahrungsstoffe liefern.

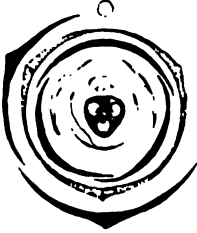
Allbekannt sind *Oryza sativa*, der Reis; *Zea Mais*, das Weiskorn; *Panicum miliaceum*, die Hirse; *Avena sativa*, der Hafer; *Triticum vulgare*, der Weizen; *Secale cereale*, der Roggen; *Hordeum vulgare*, die Gerste. Andere Gräser dienen auf Wiesen und Weiden zur Futtergewinnung. *Saccharum officinarum*, das Zuckerrohr, wird überall in der heissen Zone zur Bereitung von Rohrzucker cultivirt.

Vierte Reihe: Die Scitamineen.

Die Blüten der Scitamineen oder Gewürzlilien sind zwittrig und meist zygomorph, seltener unsymmetrisch. Die Blütenhülle besteht aus einem oder zwei dreigliedrigen Blattkreisen. Das typisch diplostemone Androeceum ist reducirt, im äussersten Falle ist nur ein Staubblatt mit halber Anthere ausgebildet. Der unterständige Fruchtknoten ist meist dreifächerig. Die hierher gehörenden tropischen Gewächse vertheilen sich auf vier Familien: *Musaceae*, *Zingiberaceae*, *Cannaceae*, *Marantaceae*.

Die **Musaceen** sind tropische Stauden von riesenhaftem Wuchs. Die Blätter sind oft mehrere Meter lang, die Blüten stehen meist in ährenartigen Blütenständen in der Achsel grosser Deckblätter. Der Blütenbau entspricht der Dicotylenformel, das hintere Staubblatt des innern Kreises ist steril oder fehlt ganz. Verschiedene Arten der Gattung *Musa* werden wegen ihrer als Bananen bezeichneten Früchte in den Tropen cultivirt.

Die **Zingiberaceen** haben median zygomorphe Blüten, welche einzeln in der Achsel des Deckblattes stehen. Vom Androeceum ist nur das hintere Staubblatt des innern Kreises normal entwickelt. Die übrigen Staubblätter des innern Kreises bilden ein kronblattartiges Labellum, die Glieder des äusseren



Figur 267.

Zingiberaceen.

Staubblattkreises sind Staminodien oder fehlen ganz. Die Zingiberaceen haben fast alle ein fleischiges, bisweilen knollenförmig verkürztes Rhizom, aus welchem aufrechte Sprosse mit Laubblättern und mit Blüten hervorgehen. Einige hierher gehörende Arten sind officinell. Zingiber officinale liefert den Ingwer, Rhizoma Zingiberis. Die Zitwerwurzel, Rhizoma Zedoariae, ist der Wurzelstock von Curcuma Zedoaria. Die Galgantwurzel, Rhizoma Galangae, ist der Wurzelstock von Alpinia officinarum. Die gerundet dreikantigen, kahlen Fruchtkapseln von Elettaria Cardamomum sind die malabarischen Cardamomen, Fructus Cardamomi der Pharmacopöe.

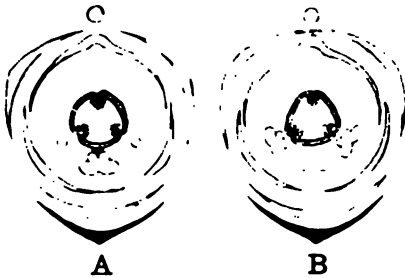
Die unsymmetrischen Blüten der **Cannaceen** und der **Marantaceen** sitzen paarweise in den Achseln der Deckblätter. Die Glieder der Staubblattkreise sind theilweise kronblattartig ausgebildet, sie sind steril bis auf das median hintere, welches eine halbe Anthere trägt. Die Fruchtknotenfächer der Cannaceen schliessen mehrere Samenanlagen ein, bei den Marantaceen ist nur eine Samenanlage im Fruchtknotenfach vorhanden. Die zu der letzteren Familie gehörende Maranta arundinacea und andere werden ihrer stärkereichen Rhizome wegen in den Tropen angebaut. Die Stärke kommt als Arrow-root in den Handel.

Fünfte Reihe: Die Gynandrier.

Die Blüten sind zwittrig und meist zygomorph, die Perigonblätter stehen in zwei dreigliedrigen Kreisen. Das Androeceum ist typisch diplostemon, meist schlagen die Glieder desselben fehl bis auf ein oder zwei Staubblätter. Das Gynaeceum besteht aus drei Fruchtblättern, welche zu einem unterständigen, einfächerigen Fruchtknoten verwachsen sind.

Familien: Burmanniaceae, Orchideae.

Die Blüten der **Orchideen** sind medianzygomorph und resupiniren meist, d. h. sie drehen sich während des Aufblühens so, dass die hinteren Blüthentheile nach vorn zu liegen kommen. Das Perigon besteht regelmässig aus zwei drei-



Figur 268.

A Orchis, B Cyripedium.

gliedrigen Kreisen. Das hintere Glied des innern Kreises ist meist als Labellum ausgebildet und oft sehr sonderbar geformt. Vom Androeceum ist gewöhnlich nur das vordere Glied des äusseren Kreises, seltener die beiden vorderen des innern Kreises fruchtbar. Die Staubgefässe sind mit dem Griffel zu einem Gynostemium verwachsen. Von den zahlreichen meist epiphytisch lebenden Arten, welche in den tropischen Ländern heimisch sind, werden viele wegen ihrer schönen und absonderlichen Blüten bei uns von Liebhabern in Orchideenhäusern cultivirt, einige Gattungen z. B. Orchis, Ophrys, Platanthera, Gymnadenia, Neottia, Epipactis, Cyripedium sind auch in der einheimischen Flora vertreten. Die jungen, kugeligen oder birntförmigen Knollen verschiedener Orchideen des Orients und Deutschlands, z. B. Orchis mascula, O. militaris, O. Morio, O. ustulata, Anacamptis

pedium sind auch in der einheimischen Flora vertreten. Die jungen, kugeligen oder birntförmigen Knollen verschiedener Orchideen des Orients und Deutschlands, z. B. Orchis mascula, O. militaris, O. Morio, O. ustulata, Anacamptis

pyramidalis, Platanthera bifolia geben in siedendes Wasser getaucht und getrocknet, den Salep, Tubera Salep der Pharmacopöe. Die nicht ausgereiften Früchte der in Amerika heimischen und in den Tropen häufig cultivirten *Vanilla planifolia* sind als Vanille, Fructus Vanillae, officinell. Einige einheimische Orchideen, wie *Neottia Nidus avis*, *Coralliorhiza innata* u. a. sind chlorophyllfreie Humusbewohner.

Sechste Reihe: Die Helobier.

Die Blüten sind zwittrig. Die Zahl der Blattkreise in der Blüthe ist bald grösser, bald geringer als die für die Monocotylenblüthe typische Fünffzahl. Das Gynaeceum ist aus drei oder mehr Fruchtblättern gebildet und meist apocarp. Der Same ist ohne Endosperm.

Familien: Potamogetonaceae, Iuncagineae, Alismaceae, Hydrocharitaceae.

Die hierhergehörenden Familien sind Sumpf- oder Wasserpflanzen. Die **Potamogetonaceen** leben meist in ruhigen Gewässern untergetaucht oder mit oberflächlich schwimmenden Blättern. Die Blätter sind zweizeilig gestellt. *Potamogeton natans* ist bei uns in Seen und Teichen überall gemein. *Zostera marina* wächst überall an den deutschen Küsten. Die Pollen dieser Pflanze sind lang fadenförmig. Die getrocknete Pflanze wird als Seegras zum Polstern von Sitzmöbeln und Matrasen verwendet. Die Blütenhülle der **Alismaceen** besteht aus Kelch und Krone; auf einen äusseren sechszähligen Staubblattkreis folgen meist mehrere dreizählig und sechs bis viele Fruchtblätter. Bei *Alisma Plantago*, welches bei uns überall an Gräben und Teichen wächst, ist nur ein Kreis von sechs Staubblättern vorhanden. Die **Hydrocharitaceen** haben eingeschlechtige Blüten. Der Fruchtknoten ist unterständig, einfächerig, mit parietaler Placentation. Zu dieser Familie gehört *Elodea canadensis*, die Wasserpest, welche vor ca. sechzig Jahren aus Nordamerika bei uns eingewandert und jetzt überall verbreitet ist. Von einheimischen möge *Hydrocharis morsus ranae*, der Froschbiss, als Beispiel genannt sein.



Figur 269.

Alisma Plantago.

VI. Die Dicotyledonen.

Die Dicotyledonen sind Bäume, Sträucher oder Kräuter mit meist gestielten, häufig getheilten oder zusammengesetzten, netznervigen Blättern. Die offenen Gefässbündel sind im Spross zu einem Cylinder angeordnet, der auf dem Querschnitt als Bündelring erscheint. Die Blüten haben oft zwei seitliche Vorblätter; als typische Blütenformel kann die Formel

$$\text{Kn Cn An} + n \text{ G o} - n$$

angesehen werden, wobei n meist gleich 5 seltener gleich 2, 4 oder 6, nur ausnahmsweise gleich 3 ist. Die Samenanlagen sind in einen Fruchtknoten eingeschlossen. Der Embryo hat zwei Cotyledonen.

Die Dicotyledonen lassen sich in zwei Abtheilungen trennen:

A. Choripetalae, B. Sympetalae.

In der ersteren Abtheilung sind alle diejenigen Formen zusammengestellt, bei denen die Krone aus freien Blättern gebildet wird oder gänzlich

fehlt. Die Sympetalen besitzen dagegen eine in der Anlage stets aus zwei Kreisen gebildete Blütenhülle; der äussere Kreis bildet den Kelch, der innere Kreis bildet eine Krone, deren Blätter mehr oder minder weit zu einem trichter-, glocken- oder röhrenförmigen Gebilde miteinander verwachsen sind.

A. Die Choripetalen.

Die Choripetalen umfassen sechs Reihen:

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1. Juliflorae (Seite 294), | 4. Eucyclicae (Seite 303), |
| 2. Centrospermae (Seite 296), | 5. Tricoccae (Seite 307), |
| 3. Aphanocyclicae (Seite 298), | 6. Calyciflorae (Seite 308). |

Erste Reihe: Die Julifloren.

Die meist eingeschlechtigen Blüten der Julifloren sind durch den Mangel einer Blumenkrone ausgezeichnet, manche bestehen nur aus Androeceum oder Gynaeceum, andere besitzen eine einfache unscheinbare Blütenhülle. Die einzelnen Blüten stehen meist dicht gedrängt zu ähren-, kolben- oder kätzchenförmigen Inflorescenzen vereinigt.

Hierher gehören zwei Ordnungen:

- a) Amentaceae, b) Urticinae.

a) Die **Amentaceen** haben meist eingeschlechtige Blüten; die männlichen Blüten haben in der Regel ein einfaches Perigon aus vier bis sechs Blättern. Die Zahl der Staubblätter ist wechselnd; wenn ihre Zahl mit derjenigen der Perigonblätter übereinstimmt, so stehen sie den letzteren superponirt. Die männlichen Blüten stehen in Kätzchen, welche nach dem Verblühen als Ganzes abfallen. Die weiblichen Blüten sind oft nackt, meist aus zwei oder drei syncarpen Fruchtblättern gebildet.

Familien: Cupuliferae, Juglandaceae, Myricaceae, Salicaceae, Casuarinaceae, Piperaceae.

Die **Cupuliferen** haben männliche und weibliche Blütenstände auf der selben Pflanze. Der Fruchtknoten der weiblichen Blüte ist gefächert, jedes



A



B

Figur 270.

Quercus. A männliche, B weibliche Blüte.

Fach enthält eine oder zwei Samenanlagen. Die meist nussartigen, einsamigen Früchte sind bei den meisten mehr oder minder weit von einer becher- oder schlauchartigen Fruchthülle, Cupula, umgeben, welche durch verwachsene Hochblätter oder von einer Wucherung der Blütenachse gebildet wird. Die Samen sind ohne Endosperm. Den Gattungen Betula und Alnus fehlt die Cupula. Die meisten Cupuliferen sind Bäume oder Sträucher; ausser den schon genannten Birken und Erlen gehören unter anderen noch hierher Corylus Avellana, der Haselstrauch, Carpinus Betulus, die Hainbuche, Fagus silvatica, die Buche, Quercus Robur, die Eiche, welche alle an der Zusammensetzung unserer einheimischen Laubwälder theilhaftig sind. Castanea vesca, die Edelkastanie oder essbare Kastanie, welche in Griechenland und in Italien

ganze Wälder bildet, hat süsse, essbare Nüsse, welche bei uns als Maronen in den Handel gebracht werden. Die durch Gallwespenstiche auf den jungen Trieben der orientalischen Form von *Quercus lusitanica* hervorgerufenen Auswüchse sind die Galläpfel, *Gallae* der Pharmacopöe.

Die **Juglandaceen** sind Bäume mit Fiederblättern ohne Nebenblätter. Ihre Blüten sind diclin und monöcisch. Die männlichen Blüten stehen in Kätzchen, die weiblichen in ährenartigen Blütenständen. Der unterständige, aus zwei Fruchtblättern gebildete Fruchtknoten ist durch falsche Scheidenwände unvollständig gefächert und enthält eine orthotrope Samenanlage. Die Frucht ist eine Steinfrucht, der Same enthält kein Endosperm. *Juglans regia*, der Wallnussbaum, stammt aus dem Orient und wird wegen seiner essbaren Samen überall im wärmeren Europa cultivirt. Die Wallnussblätter, *Folia Juglandis* sind officinell.

Die **Salicaceen** sind Holzpflanzen mit einfachen Blättern. Sie haben eingeschlechtige Kätzchen, welche diöcisch vertheilt sind. Der einfächerige Fruchtknoten enthält mehrere Samenanlagen. Die reifen Samen sind von langer Haarwolle umhüllt und enthalten kein Endosperm. Zu den Salicaceen gehören die Gattungen *Salix* und *Populus*. Die *Salix*-Arten oder Weiden sind meist strauchartig, nur wenige, wie *Salix alba*, *S. fragilis* u. a., haben baumförmigen Wuchs. Sie lieben feuchte Standorte und gedeihen besonders auf Moor- und Bruchboden, wie an Teich- und Bachufern. Die schlanken, astlosen Ruthen mancher Arten, besonders von *Salix viminalis*, *S. alba*, *S. purpurea*, werden zur Korbflechterei verwendet. Die *Populus*-Arten oder Pappeln sind Bäume mit langgestielten Blättern. *Populus tremula*, die Zitterpappel oder Espe, wächst überall in feuchten Laubwäldern. *Populus nigra*, die Schwarzpappel, wächst an Ufern und Waldrändern und wird, wie die aus Amerika stammende Spitzpappel, *Populus pyramidalis*, bisweilen als Alleebaum gepflanzt.

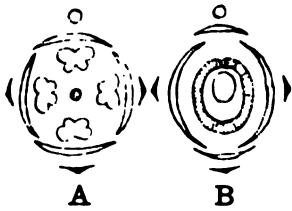
Die **Piperaceen** sind Kräuter und Sträucher mit Zwitterblüthen. Die Blüten sind ohne Perigon. Staub- und Fruchtblätter sind meist in Dreizahl vorhanden. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält eine grundständige, orthotrope Samenanlage. Der Same enthält neben spärlichem Endosperm massiges Perisperm. Hierher gehört die exotische Gattung *Piper*, der Pfeffer. *Piper nigrum* liefert in seinen Beeren den als Speisegewürz wichtigen schwarzen und weissen Pfeffer. Die nahe verwandte Art *Cubeba officinalis* liefert die officinellen Kubeben, *Cubebae*.

b) Die **Urticineen**. Ihre Blüten sind eingeschlechtig; die männlichen haben ein vier- oder fünftheiliges Perianth und wenige Staubblätter, welche den Perigonblättern superponirt sind. Der oberständige Fruchtknoten der weiblichen Blüthe besteht aus einem Fruchtblatt, seltener aus zweien, und enthält eine einzige Samenanlage. Endosperm ist im Samen meistens vorhanden. Die Blütenstände sind nie typische Kätzchen.

Familien: *Urticaceae*, *Ulmaceae*, *Platanaceae*, *Ceratophyllaceae*.

Die zahlreichen Arten der **Urticaceen** sind zum grössten Theil Bewohner der Tropen, nur wenige sind bei uns einheimisch. Sie sind Kräuter oder Holzpflanzen mit Nebenblättern, manche führen Milchröhren. Man unterscheidet vier Unterfamilien:

1. *Urticeae*. Die Staubfäden sind in der Knospe eingekrümmt. Die Samenanlage ist aufrecht und gerade. Gattungen: *Urtica*, *Parietaria*, *Boehmeria*.
2. *Moreae*. Die Staubfäden sind in der Knospe eingekrümmt. Die Samenanlage ist hängend und gekrümmt. Gattungen: *Morus*, *Dorstenia*, *Maclura*, *Broussonetia*.
3. *Artocarpeae*, Holzpflanzen mit Milchröhren. Die Staubfäden sind in der Knospe gerade. Die Nebenblätter sind anfangs tutenförmig verwachsen. Gattungen: *Ficus*, *Artocarpus*, *Antiaris*, *Brosimum*.
4. *Cannabineae*. Kräuter ohne Milchsaft. Die Staubfäden sind in der Knospe gerade. Die Nebenblätter stehen frei am Grunde der Blätter. Gattungen: *Cannabis*, *Humulus*.



Figur 271.

Urtica dioica. A männliche, B weibliche Blüthe.

Urtica urens, Brennessel, und *U. dioica* sind einheimische Vertreter der durch den Besitz von Brennhaaren ausgezeichneten Gattung. Sie liefern, ebenso wie die *Urtica cannabina* Sibiriens und *Boehmeria nivea* in Südostasien, Gespinnstfasern. Zu den Moreen gehört der in China einheimische, bei uns cultivirte Maulbeerbaum, *Morus alba* und *M. nigra*. Bei *Ficus* liegen die Blüthen in der ausgehöhlten, oben fast ganz geschlossenen kugeligen oder birnförmigen, fleischigen Blütenstandsachse eingeschlossen. *Ficus carica*, der Feigenbaum, ist eine sehr alte Kulturpflanze. *Cannabis sativa*, der Hanf, wird wegen seiner festen, zu Stricken und Geweben verwendbaren Fasern angebaut. Die zapfenähnlichen, weiblichen Blütenkötzchen vom Hopfen, *Humulus Lupulus*, finden bei der Bierbrauerei als Bierwürze Verwendung.

Die Familie der **Ulmaceen** umfasst Bäume ohne Milchsaft, deren meist zweigeschlechtliche Blüthen in Büscheln stehen; ein einheimischer Vertreter ist *Ulmus campestris*, die Ulme oder Rüster, ein in Wäldern und Anlagen und an Strassen häufig angeplanter Baum mit schöner Krone.

Zweite Reihe: Die Centrospermen.

Neben kronlosen Blüthen kommen auch solche mit Kelch und Krone vor. Das Androeceum besteht aus einem oder zwei Kreisen. Das Gynaeceum wird aus 2-5 Fruchtblättern gebildet, welche zu einem einfächerigen Fruchtknoten verwachsen sind. Die Samenanlagen stehen entweder einzeln im Grunde des Fruchtknotens oder zu vielen an einer Centralplacenta.

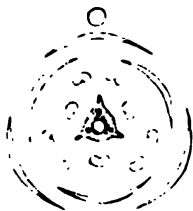
Wir unterscheiden drei Ordnungen:

- a) Polygoninae, b) Chenopodinae, c) Caryophyllinae.

a) Die **Polygoninen** haben kronenlose Blüthen und zwei Kreise von Staubblättern. Im Grunde des Fruchtknotens steht eine einzige orthotrope Samenanlage. Am Grunde der wechselständigen Laubblätter steht eine aus verwachsenen Nebenblättern gebildete die Sprossachse scheidenartig umfassende Ochrea.

Familie: Polygonaceae.

Die **Polygonaceen** sind meist krautartige Pflanzen. Die kleinen Blüthen haben ein aus fünf oder sechs freien Blättern gebildetes, grünliches oder weisses Perianth. Die Zahl der Staubblätter wechselt zwischen fünf bis neun. Der Fruchtknoten wird von zwei oder drei Fruchtblättern gebildet und ist stets einfächerig. Die Gattung *Rheum* hat eine sechsblättrige Blütenhülle. Der äussere Staubblattkreis besteht aus sechs, der innere aus drei Gliedern. Die geschälten, oft unregelmässig zugeschnittenen Wurzelstöcke von *Rheum*-Arten Hochasiens, vorzüglich wohl *Rheum officinale*, sind officinell unter dem Namen der Rhabarberwurzel, *Radix Rhei*. Der Gattung *Rumex*, Ampfer, fehlt der innere Staubblattkreis, der äussere ist wie bei *Rheum* durch Spaltung sechszählig. Der innere Perigonkreis wächst mit der Frucht und hüllt dieselbe vollkommen ein. *Rumex acetosa*, *R. acetosella*, *R. crispus* u. a. m. sind bei uns überall häufig; *Rumex Patientia* wird als Gemüsepflanze in Gärten gezogen. Bei *Polygonum*, Knöterich, ist das kronblattartige Perianth meist tief fünfspaltig. Staubblätter sind bis zehn in zwei unvollständigen Kreisen vorhanden. Einige Poly-



Figur 272.

Rheum.

gonumarten, wie *Polygonum aviculare*, *P. Convolvulus*, *P. Persicaria*, *P. Hydro-piper* sind bei uns überall gemein. *Polygonum Fagopyrum*, der Buchweizen, wird in sandigen Gegenden häufig angebaut.

b) Die **Chenopodinen**. Die kronlosen Blüten sind oft eingeschlechtig. Das Androeceum besteht meist aus einem Kreise. Die am Grunde des Fruchtknotens stehende Samenknope mit langem Funiculus ist mehr oder weniger campylotrop.

Familien: Chenopodiaceae, Amarantaceae, Nyctaginaceae.

Bei den **Chenopodiaceen** folgen auf das fünfzählige, häufig grüne, Perianth fünf superponierte Staubblätter. Der Fruchtknoten ist aus zwei medianen Fruchtblättern gebildet. Einige hierher gehörige Arten, wie *Salicornia herbacea* und *Salsola Kali* gedeihen nur auf Salzboden. Manche Arten von *Chenopodium*, wie *Chenopodium album* und *Ch. polyspermum*, sind lästige Unkräuter. *Beta vulgaris*, die Runkelrübe, wird in verschiedenen Varietäten als Gemüse- und Futterpflanze und zur Zuckergewinnung angebaut. *Spinacia oleracea*, der Spinat, ist als Gemüsepflanze in Cultur. Die Gattung *Atriplex*, Melde, hat dicline Blüten, bisweilen kommen daneben Zwitterblüten vor. Die männlichen und die zweigeschlechtigen Blüten haben ein drei- bis fünfzähliges, die weiblichen Blüten ein zweizähliges Perianth. *Atriplex patulum* ist bei uns auf Schutt an Wegrändern und in Gärten gemein.

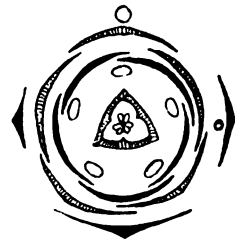
c) Die **Caryophyllinen** haben typisch mit Kelch und Krone ausgestattete Blüten. Das Androeceum besteht gewöhnlich aus zwei Kreisen. Im Fruchtknoten steht eine Centralplacenta mit vielen Samenanlagen.

Familie: Caryophyllaceae, Aizoaceae, Portulaccaceae.

Die **Caryophyllaceen** sind Kräuter mit einfachen, gegenständigen Blättern. Sie haben aktinomorphe Blüten aus fünf- oder vierzähligen Kreisen. Das normal aus zwei Kreisen gebildete Androeceum ist bisweilen auf einen Kreis reducirt. Der oberständige, einfächerige Fruchtknoten besteht aus zwei bis fünf verwachsenen Fruchtblättern und enthält eine bis viele Samenanlagen an einer freien Centralplacenta. Man unterscheidet drei Unterfamilien:

1. **Paronychieae**. Die Frucht ist einsamig. Häufig ist die Krone rudimentär oder fehlt ganz. Gattungen: *Scleranthus*, *Corrigiola*, *Herniaria*.
2. **Alsineae**. Der Kelch ist freiblättrig, die Krone meist wohl entwickelt. Die Frucht enthält viele Samen. Gattungen: *Spergula*, *Sagina*, *Alsine*, *Möhringia*, *Arenaria*, *Holosteum*, *Stellaria*, *Malachium*, *Cerastium*.
3. **Sileneae**. Der Kelch ist verwachsenblättrig, Kronblätter genagelt und häufig mit Ligula. Die Frucht ist vielsamig. Gattungen: *Dianthus*, *Gypsophila*, *Saponaria*, *Silene*, *Lychnis*, *Melandryum*, *Agrostemma*.

Die Gattung *Stellaria*, die Sternmiere, deren Blüten fünf zwispaltige oder zweitheilige Kronblätter und drei Griffel besitzen, ist durch einige Arten in der einheimischen Flora vertreten. *Stellaria media*, der Hühnerdarm, ist ein überall verbreitetes, winterhartes Unkraut, das bisweilen selbst unter dem Schnee blüht und fruchtet. Einige Arten von *Dianthus* und *Silene*, namentlich *Dianthus barbatus*, *D. plumarius* und *Silene Armeria* sind beliebte Gartenpflanzen, andere Arten, wie *Dianthus deltoides*, *Silene nutans* sind an Waldrändern unter Gebüsch und auf trockenen Wiesen häufig, *Lychnis flos cuculi* und *Melandryum rubrum* sind auf feuchten Wiesen gemein. *Agrostemma Githago*, die Kornrade, ist ein lästiges Unkraut unter Wintergetreide.



Figur 273.

Stellaria media.

Dritte Reihe: Die Aphanocyclier.

Die Blüthentheile sind entweder spiralg angeordnet, oder wo sie in Quirlen stehen, da weicht die Zahl der zu den einzelnen Organgruppen verwendeten Kreise von dem Typus

$$Kn \ Cn \ An + n \ Gn$$

ab, oder es ist durch Vermehrung der Gliederzahl in den einzelnen Kreisen die Regelmässigkeit des Zahlenverhältnisses in der Blüthe verwischt.

Wir unterscheiden fünf Ordnungen:

- | | | |
|------------------|--------------------|-----------------|
| a) Polycarpicae, | b) Rhoeadaeae, | c) Cistiflorae, |
| d) Columniferae, | e) Monochlamydeae. | |

a) Die **Polycarpier**. Die Blüthen sind vorwiegend spiralg gebaut. Das Perianth ist oft nicht deutlich in Kelch und Krone geschieden, oder die Krone fehlt ganz. Die Staubblätter sind meist schon in der Anlage, nicht durch Spaltung, zahlreich. Das Gynaeceum besteht meist aus vielen apokarpen Fruchtblättern.

Familien: Lauraceae, Berberidaceae, Menispermaceae, Myristicaceae, Annonaceae, Magnoliaceae, Calycanthaceae, Ranunculaceae, Nymphaeaceae.

Die Blüthen der **Lauraceen** haben keine Krone. Die Blüthen sind meist aus dreizähligen Quirlen aufgebaut, von denen zwei auf das Androeceum entfallen. Die Antheren springen mit zwei oder vier Klappen auf. Der einfächerige Fruchtknoten enthält nur eine Samenanlage. Die meist baum- oder strauchförmigen Arten sind Bewohner der warmen Zonen. Die Rinde in Südchina kultivirter Stämme des *Cinnamomum Cassia* (*C. aromaticum*) ist als chinesischer Zimmt, *Cortex Cinnamomi*, officinell und als Gewürz im Handel. *Cinnamomum Camphora* liefert den officinellen Kampher, *Camphora*. Das zerkleinerte Wurzelholz von *Sassafras officinalis* bildet die unter dem Namen *Sassafrasholz*, *Lignum Sassafras*, officinelle Droge. Der in allen Mittelmeerländern kultivirte Lorbeerbaum hat länglich runde oder kugelige Beerenfrüchte, welche als Lorbeeren, *Fructus Lauri*, officinell sind. Lorbeerblätter werden als Gewürz an Speisen verwendet.

Figur 274.
Männliche Blüthe von
Laurus nobilis.



Figur 275.
Berberis.

Die Zwitterblüthen der **Berberidaceen** sind aus zwei- oder dreizähligen Kreisen aufgebaut, von denen zwei oder mehr auf den Kelch, je zwei auf die Krone und das Androeceum entfallen. Das Gynaeceum ist einblättrig. *Berberis vulgaris*, der Sauerdorn, ein Strauch mit drei- bis fünftheiligen Dornen wächst bei uns in Hecken und an Waldrändern. Als Wirth für das *Aecidium* des Getreiderostes, *Puccinia graminis*, kann der Strauch für die Landwirthschaft schädigend wirken, weshalb in einigen deutschen Ländern die Verwendung der Berberitze als Heckenpflanze verboten ist. Der alkoholische Extrakt der Wurzel des ebenfalls zu den Berberiden gehörigen *Podophyllum peltatum* ist das *Podophyllin*, *Podophyllum* der Pharmakopöe.

Die **Menispermaceen** sind meist schlingende Sträucher der warmen Zone mit diöcischen Blüthen. Von den zwei- oder dreizähligen Quirlen der Blüthe kommen auf den Kelch zwei bis zehn, auf Krone und Androeceum je zwei. Das oberständige Gynaeceum besteht aus ein bis sechs Fruchtblättern. Die in Ostafrika einheimische *Jateorhiza Columba* liefert die *Colombowurzel*, *Radix Colombo* der Pharmakopöe.

Die **Myristicaceen** haben diöcische Blüten ohne Krone. Auf das dreiblättrige Perianth folgen drei bis fünfzehn zur Säule verwachsene Staubblätter. Das oberständige Gynaeceum wird von zwei Fruchtblättern gebildet. Die Arten der einzigen Gattung *Myristica* sind tropische Sträucher oder Bäume. *Myristica fragrans* ist officinell. Der stumpf eiförmige oder fast kugelige Samenkern wird in der Pharmakopöe als Muskatnuss, Samen *Myristicae*, bezeichnet, das ätherische Öl des Samenmantels heisst *Macisöl*, *Oleum Macidis*.

Die Blüten der **Ranunculaceen** sind spiralig oder hemicyklisch, seltener cyklisch gebaut. Die Blütenhülle ist nicht immer in Kelch und Krone gesondert. Die Staubblätter sind zahlreich. Die meist zahlreichen Carpellare sind fast immer apokarp. Man unterscheidet drei Unterfamilien:

1. **Anemoneae**. Jeder Fruchtknoten wird zur einsamigen Schliessfrucht. Gattungen: *Anemone*, *Hepatica*, *Clematis*, *Myosurus*, *Ranunculus*, *Thalictrum*, *Adonis*.
2. **Helleboreae**. Die Antheren sind extrors. Die Früchte sind mehrsamige Balgfrüchte. Gattungen: *Caltha*, *Trollius*, *Helleborus*, *Nigella*, *Aquilegia*, *Delphinium*, *Aconitum*, *Hydrastis*.
3. **Paeonieae**. Die Antheren sind intrors, die Früchte sind mehrsamige Balgfrüchte, seltener Beeren. Gattungen: *Paeonia*, *Actaea*.



Figur 276.

Ranunculus acris.

Anemone nemorosa und *Hepatica triloba* sind überall in Wäldern vorkommende Frühlingsblumen. Von der Gattung *Ranunculus* sind viele Arten bei uns einheimisch; häufiger werden angetroffen *Ranunculus arvensis*, *R. repens*, *R. acris*, *R. sceleratus* und die im Wasser lebenden *R. aquatilis*, *R. fluitans*. Von den Helleboreen gehören *Caltha palustris* und *Delphinium consolida* bei uns zu den weitest verbreiteten. Ausländische Arten von *Aquilegia*, *Delphinium*, *Aconitum* und *Paeonia* sind beliebte Gartenzierpflanzen. Die Wurzelknollen von *Aconitum Napellus* sind als Aconitknollen, *Tubera Aconiti*, officinell. Das bewurzelte Rhizom von *Hydrastis canadensis* ist die *Hydrastiswurzel*, *Rhizoma Hydrastis* der Pharmakopöe.

Die **Nymphaeaceen** sind krautige Wasserpflanzen mit grossen schwimmenden Blättern und Blüten. Die Zahl der Perianthblätter und der Staubfäden ist sehr gross. Zwischen beiden Organgruppen sind Uebergangsformen ausgebildet. Die Fruchtblätter sind gleichfalls zahlreich und zu einem vielfächerigen Fruchtknoten verwachsen, der oben eine von den Narben gebildete strahlige Scheibe trägt. Bei uns einheimisch sind *Nymphaea alba*, die weisse Seerose, und einige Arten von *Nuphar*. Hierher gehört auch die südamerikanische Wasserpflanze *Victoria regia* mit bis zu zwei Meter breiten kreisrunden Schwimmblättern, welche bei uns in manchen botanischen Gärten im Warmwasserbassin cultivirt wird.

b) Die **Rhoeadini**. Die Blüthentheile stehen in zwei- bis viergliedrigen Kreisen. Die Blütenhülle besteht aus drei gesonderten Kreisen, von denen entweder zwei auf den Kelch und einer auf die Krone oder umgekehrt einer auf den Kelch und zwei auf die Krone entfallen. Im Androeceum tritt häufig Vermehrung der Glieder durch Spaltung ein. Das Gynaeceum ist nie apokarp. Die zwei bis vielen Fruchtblätter bilden einen einfächerigen bisweilen gekammerten Fruchtknoten mit parietaler Placentation.

Familien: *Papaveraceae*, *Fumariaceae*, *Cruciferae*, *Capparideae*.

Die **Papaveraceen** sind Kräuter mit Milchsaft und wechselständigen Blättern ohne Nebenblätter. Die meist ansehnlichen Blüten haben zwei leicht

abfallende Kelchblätter, vier bis sechs Kronblätter, zahlreiche Staubgefäße und einen aus zwei bis



Figur 277.

Papaver somniferum.

vielen Fruchtblättern gebildeten, einfächerigen oder gekammerten, oberständigen Fruchtknoten, welcher zur Schote oder Porenkapsel wird. *Chelidonium majus*, das bei uns an Hecken und auf Schutt überall gemeine Schöllkraut mit gelbem Milchsaft, hat als Frucht eine schotenförmige, zweiklappige Kapsel. Von der Gattung *Papaver*, Mohn, deren Frucht eine Porenkapsel ist, sind bei uns *Papaver Rhoeas* und *P. Argemone* als Unkraut unter der Saat und an Wegrändern überall gemein. *Papaver somniferum*, der Schlafmohn, wird bei uns cultivirt. Die unreife Mohnkapsel, *Fructus Papaveris immaturi*, und Samen *Papaveris* sind officinell. Der in Kleinasien durch Einschnitte in die Kapsel von *Papaver somniferum* gewonnene, an der Luft eingetrocknete Milchsaft ist unter dem Namen *Opium officinell*.

Die Familie der **Fumariaceen** umfasst wenige Gattungen mit zygomorphen Blüten. Auf zwei



Figur 278.

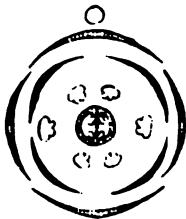
Corydalis cava.

Kelchblätter folgen vier Kronblätter in zwei alternirenden Kreisen. Meistens ist ein Kronblatt des äussern Kreises gespornt. Die Staubblätter sind zu zwei Bündeln verwachsen. Jedes Bündel enthält ein mittleres vollständiges Staubblatt und zwei seitliche mit halben Antheren. Der einfächerige Fruchtknoten besteht aus zwei Fruchtblättern, welche bei der Reife eine schotenartige Kapsel bilden. Hierher gehören die Gattungen *Corydalis* und *Fumaria*. *Fumaria officinalis*, der Erdrrauch, ist ein häufiges Unkraut auf Aeckern und in Gärten.

Die **Cruciferen** haben einen aus zwei zweizähligen Quirlen gebildeten Kelch. Die vier damit gekreuzten Kronblätter gehören einem Kreise an. Der äussere Staubblattkreis ist zweigliedrig, der innere besteht aus zwei zweigliedrigen Gruppen. Das Gynaeceum wird aus zwei transversalen Fruchtblättern gebildet. Der Fruchtknoten, welcher durch eine falsche Scheidewand in zwei Fächer getheilt wird, bildet bei der Reife eine Schote. Als Formel ergibt sich also:

$$K 2 + 2 C 4 A 2 + 2^{\circ} G (2)$$

Die Familie umfasst zahlreiche einjährige und ausdauernde Kräuter, die meist der nördlichen, gemässigten und kalten Zone angehören. Man kann nach der Beschaffenheit der Frucht vier Unterabtheilungen unterscheiden.



Figur 279.

Das Diagramm der Cruciferen.

1. **Siliculosae.** Die Schote ist mindestens ein und einhalbmal so lang als breit.

a) **dehiscens.** Die Schote springt bei der Reife mit zwei Klappen auf. Gattungen: *Matthiola*, *Cheiranthus*, *Barbarea*, *Arabis*, *Cardamine*, *Nasturtium*, *Sisymbrium*, *Erysimum*, *Brassica*, *Sinapis*.

b) **lomentaceae.** Die Schote ist durch falsche Querwände gegliedert und öffnet sich nicht. Gattungen: *Rapistrum*, *Raphanus*.

2. **Siliculosae.** Die Frucht ist ein Schötchen, d. h. sie ist ungefähr so lang als breit.

a) **dehiscens.** Das Schötchen öffnet sich bei der Reife. Gattungen: *Cochlearia*, *Draba*, *Alyssum*, *Thlaspi*, *Capsella*, *Lepidium*, *Armoracia*, *Camelina*.

b) **nucamentaceae.** Das Schötchen bleibt nussartig geschlossen. Gattungen: *Isatis*, *Neslia*, *Bunias*.

Viele Arten der genannten Gattungen sind bei uns weit verbreitet, besonders häufig sind *Cardamine pratensis*, *Nasturtium silvestre*, *Sisymbrium officinale*, *Erysimum cheiranthoides*, *Sinapis arvensis*. *Draba verna*, *Alyssum calycinum*, *Capsella Bursa pastoris*. Als Gemüse- und Küchenpflanzen werden angebaut

Brassica oleracea, der Kohl in verschiedenen Varietäten, *Brassica Rapa* var. *rapifera*, die weisse Rübe, *Brassica Napus* var. *rapifera*, der Kohlrabi, *Lepidium sativum*, die Gartenkresse, *Armoracia rusticana*, der Meerrettig, *Raphanus sativus*, der Rettig. Wegen der ölhaltigen Samen werden angebaut *Brassica Rapa* var. *oleifera*, der Rübsen, *Brassica Napus* var. *oleifera*, der Raps, und *Camelina sativa*, der Leindotter. *Cheiranthus Cheiri*, der Goldlack, und *Matthiola annua*, die Levkoje, sind Zierpflanzen. Officinell sind Senfsamen, Samen *Sinapis* von *Brassica nigra*, und Löffelkraut, *Herba Cochleariae* von *Cochlearia officinalis*.

c) Die **Cistifloren** haben vorherrschend cyklischen Bau mit meist fünfgliedrigen Kreisen. Die Blütenhülle hat Kelch und Krone, in der Knospe liegen die Kelchblätter mit ihren Rändern übereinander. Das Androeceum ist gewöhnlich durch Spaltung vielgliedrig, oft sind die Staubblätter zu Gruppen verwachsen. Das Gynaeceum besteht aus drei bis fünf syncarpen Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist ein oder mehrfächerig.

Familien: *Resedaceae*, *Violaceae*, *Droseraceae*, *Sarraceniaceae*, *Nepenthaceae*, *Cistaceae*, *Bixaceae*, *Hypericaceae*, *Clusiaceae*, *Tamaricaceae*, *Ternstroemiaceae*, *Dilleniaceae*, *Ochnaceae*, *Dipterocarpaceae*.

Die Blüten der **Violaceen** sind meist median zygomorph und haplostemon. Die äusseren Kreise der Blüthe sind fünfzählig, das Gynaeceum ist aus drei Fruchtblättern gebildet. Die Samenanlagen sind wandständig. Die Frucht ist eine loculicide Kapsel oder seltener eine Beere. Mehrere Arten der Gattung *Viola*, z. B. *Viola canina*, *V. silvestris*, *V. palustris*, *V. odorata*, *V. tricolor* sind bei uns einheimisch. Das Kraut der letzteren ist unter dem Namen Stiefmütterchen, *Herba Violae tricoloris*, officinell.

Die Familie der **Droseraceen**, deren aktinomorphen Blüten der Formel

$$K\ 5\ C\ 5\ A\ 5 - 20\ G\ (3)$$

entsprechen, umfasst die Gattungen *Drosera*, *Aldrovandia* und *Dionaea*, Insektivoren, deren reizbare Blätter, wie früher erwähnt, als Insektenfallen dienen. Auch die nahe verwandten **Sarraceniaceen** und die **Nepenthaceen** sind Insektivoren (vergl. S. 168 f).

Die **Hypericoaceen** haben aktinomorphen Blüten. Kelch und Krone sind fünfzählig, die zahlreichen Staubblätter sind zu drei oder fünf Bündeln verwachsen, der oberständige Fruchtknoten wird von drei bis fünf Fruchtblättern gebildet. Von der Gattung *Hypericum* sind einige Arten bei uns einheimisch. *Hypericum perforatum* ist an Wegrändern gemein.

Die **Ternstroemiaceen** sind Holzpflanzen der warmen Zonen mit je fünf Kelch- und Kronblättern und zahlreichen freien Staubblättern. Der Fruchtknoten ist dreifächerig und bildet bei der Reife eine dreisamige loculicide Kapsel. Der in China und Japan einheimische Zierstrauch *Camellia japonica* wird wegen der schönen Blüten bei uns als Topfpflanze gezogen. *Thea chinensis*, der Theestrauch, ist seit den ältesten Zeiten in China cultivirt worden und ist noch gegenwärtig eine der wichtigsten Culturpflanzen. Ausser zur Bereitung des in der ganzen Welt als Getränk bekannten und beliebten Thees werden die Theeblätter zur Reingewinnung des als Koffein, Coffeinum, bezeichneten Alkaloids verwendet.

Die **Clusiaceen** sind tropische Bäume und Sträucher mit decussirten Blättern. Die Blüten sind aktinomorph und diöcisch, oder es kommen neben eingeschlechtigen Blüten Zwitterblüten an derselben Pflanze vor. Der Kelch besteht aus zwei bis acht oft ungleichen Blättern, die Krone ist vier- bis zehn-



Figur 280.

Viola.



Figur 281.

Hypericum.

blättrig, die Staubblätter sind zahlreich. Die Frucht bildet eine Kapsel, eine Beere oder Steinfrucht. *Garcinia Morella* ist ein Baum des südlichen Asiens. Das aus Verletzungen der Rinde ausfliessende gelbe Gummiharz ist als Gummigutt, Gutti, officinell.

Die zu den nahe verwandten **Dipterocarpaceen** gehörenden ostindischen Bäume *Shorea micrantha* und *Sh. splendida* liefern nach der Angabe der Pharmakopöe einen Theil des officinellen Dammarharzes, Resina Dammar.

d) Die **Columniferen** haben cyklische Blüten mit meist funfgliedrigen Kreisen. Die Blütenhülle hat Kelch und Krone, die Kelchblätter berühren sich in der Knospenlage nur mit den Rändern. Das Androeceum ist durch Spaltung vielgliedrig, Das Gynaeceum ist aus zwei bis vielen synkarpen Fruchtblättern gebildet, der Fruchtknoten ist stets mehrfächerig.

Familien: Tiliaceae, Sterculiaceae, Malvaceae.



Figur 282

Tilia.

Bei den Blüten der **Tiliaceen** sind Kelch und Krone freiblättrig, das Androeceum ist typisch diplostemon, die Zahl der Staubblätter wird aber durch Spaltung sehr vergrößert. Die zweifächerigen Staubbeutel sind intrors. In der Gattung *Tilia*, Linde, ist der äussere Staubblattkreis völlig unterdrückt. Die zahlreichen Staubblätter des inneren Kreises bilden fünf, den Kronblättern superponierte Gruppen. *Tilia parvifolia*, die Winterlinde, und *T. grandifolia*, die Sommerlinde, sind bei uns vielfach in Anlagen, an Strassen und auf Plätzen angepflanzt, einige ausländische Arten werden als Zierbäume gezogen. Die Blütenstände der genannten einheimischen Arten sind als Lindenblüthen, Flores Tiliae officinell.

Die **Sterculiaceen** gehören den Tropen an. Der Kelch ist verwachsenblättrig, die Kronblätter sind frei. Das Androeceum ist obdiplostemon, der innere, epispale Kreis entwickelt aber niemals Antheren, während die Zahl der Anlagen im äusseren Kreise meist durch Spaltung vergrößert wird. Die Antheren sind bald zwei-, bald einfächerig und stets extrors. Hierher gehört der Cacaobaum, *Theobroma Cacao*. Die Cacaobutter, Oleum Cacao der Pharmakopöe, ist das aus den entschalteten Samen des Cacaobaumes ausgepresste Fett.

Die **Malvaceen** haben einen verwachsenblättrigen Kelch, unter welchem häufig ein von Hochblättern gebildeter Aussenkelch steht. Auch die Kronblätter sind im Grunde unter sich und mit den Staubblättern verwachsen. Die letzteren



Figur 283

Althaea rosea.

bilden unterwärts eine lange, enge, die Griffel umhüllende Röhre, welche oben zahlreiche Fäden mit einfächerigen Antheren trägt. In der Gattung *Malva* haben die Blüten einen dreiblättrigen Aussenkelch, einen fünfspaltigen Kelch und fünf, verkehrt herzförmige Kronblätter. Der Fruchtknoten ist scheibenförmig und vielfächerig. *Malva silvestris* und *M. neglecta* (vulgaris) sind bei uns auf Schutt und an Wegen gemein. Officinell sind Malvenblüthen, Flores Malvae von *Malva silvestris*, und Malvenblätter, Folia Malvae von *Malva vulgaris* und *M. silvestris*. Nahe verwandt ist die Gattung *Althaea* mit sechs- bis neunspaltigem Aussenkelch. *Althaea rosea*, die Stockrose, aus dem Orient wird bei uns in Gärten als Zierpflanze cultivirt. Die Blätter von *Althaea officinalis* sind als Fiebischblätter, Folia Althaeae, officinell; die Aeste von der Wurzel derselben Pflanze bilden die Fiebischwurzel, Radix Althaeae, der Pharmakopöe. Die

Arten der Gattung *Gossypium*, welche über den ganzen Tropengürtel der Erde verbreitet ist, liefern in den langen, fadenförmigen Haaren ihrer Samen die

Baumwolle, die wichtigste Waare des Welthandels. Die weissen, entfetteten Haare des Samens von *Gossypium herbaceum*, *G. arboreum* und anderen Arten sind als gereinigte Baumwolle, *Gossypium depuratum*, in der Pharmacopöe verzeichnet.

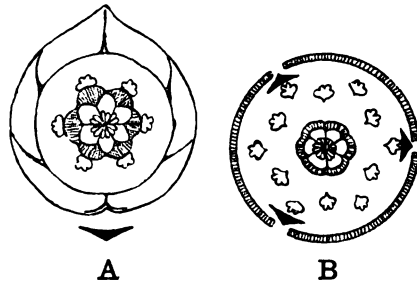
e) Die **Monochlamyden** haben als gemeinsame Merkmale Blüten mit einfachem nicht in Kelch und Krone gesondertem Perianth. Der Fruchtknoten ist unterständig. Die meist ansehnlichen Blüten sind nicht zu kätzchenartigen Inflorescenzen zusammengestellt.

Familien: Santalaceae, Loranthaceae, Balanophoraceae, Aristolochiaceae, Rafflesiaceae.

Die **Santalaceen** haben aktinomorphe, meist zwittrige Blüten. Auf ein kelchartiges vier- oder fünfzähliges Perigon folgt ein gleichzähliger Kreis superponirter Staubblätter. Der einfächerige Fruchtknoten besteht aus drei Fruchtblättern und enthält drei hängende Samenanlagen an freier Centralplacenta. Die hierher gehörenden Bäume, Sträucher und Kräuter der gemässigten und besonders der heissen Zone sind grüne Wurzelschmarotzer. Einige Arten von *Thesium* kommen in Deutschland vor.

Die **Loranthaceen** sind grüne, strauchartige Schmarotzer auf Baumästen. Die Blüten sind meist diklin und aus zwei- bis sechszähligen Kreisen aufgebaut. Die Staubblätter sind den Perianthblättern superponirt. Die Frucht ist eine Beere. *Viscum album*, die Mistel, ein dichter, immergrüner Strauch, schmarotzt bei uns auf verschiedenen Bäumen (Fig. 159).

Die **Aristolochiaceen** haben Zwitterblüthen. Das aus drei Blättern verwachsene Perianth ist kronartig gefärbt. Die sechs oder zwölf Staubblätter sind frei oder mit dem Griffel verwachsen. Der unterständige Fruchtknoten ist sechsfächerig und enthält mehrere Samenanlagen in jedem Fach. *Aristolochia* hat ein röhriges, am Grunde bauchig erweitertes Perianth (Fig. 212 A). Die sechs Staubgefässe sind mit der Griffelsäule verwachsen. Einheimisch ist *Aristolochia Clematitis*, die Osterluzei. *Aristolochia Sipho*, ein grossblättriger, kletternder Strauch Nordamerikas, wird bei uns vielfach zur Bekleidung von Lauben verwendet. Ferner gehört hierher das bei uns in Laubwäldern wachsende *Asarum europaeum*, die Haselwurz, mit breit nierenförmigen, lederigen Blättern. Die Blüten haben ein grünliches, innen rothbraunes, glockiges Perigon und freie Staubblätter.



Figur 284.

A *Aristolochia Clematitis*.

B *Asarum europaeum*.

Vierte Reihe: Die **Eucyclier**.

Die Blüten sind rein cyklisch, die typischen Zahlenverhältnisse sind nicht durch Spaltungen verwischt. Der Fruchtknoten ist stets oberständig.

Die Reihe umfasst vier Ordnungen:

a) Gruinales, b) Terebinthinae, c) Aesculinae, d) Frangulinae.

a) Die **Gruinalen** besitzen fast durchgehends fünfzählige Blüten mit Kelch und Krone. Das Androeceum ist obdiplostemon. Die Kronstamina sind bisweilen rudimentär oder fehlen ganz. Das Gynaeceum wird von fünf verwachsenen Fruchtblättern gebildet. Der Fruchtknoten

ist gefächert. Die anatropen Samenanlagen sind hängend mit aufwärts gewendeter Mikropyle. Bisweilen wächst die Blütenachse am Grunde der Staubblätter zu einzelnen Nektardrüsen aus.

Familien: Geraniaceae, Tropaeolaceae, Limnanthaceae, Oxalideae, Linaceae, Balsaminaceae.

Die **Geraniaceen** haben einen fünffächerigen, tief fünffurchigen Fruchtknoten mit kräftigem Griffel, welcher an der Frucht zu einem langen Schnabel auswächst. Bei der Reife lösen sich die fünf Fruchtknotenfächer unten von einer stehen bleibenden Mittelsäule ab und ihr Griffeltheil rollt sich ein. Die Gattung *Geranium* hat aktinomorphe Blüten mit zwei fünfgliedrigen Staubblattkreisen. Die Griffeltheile der Fruchtknotenfächer rollen sich uhrfederartig ein. Gewöhnlichste Art ist bei uns *Geranium Robertianum*, auch *Geranium pratense*, *G. palustre* und *G. pusillum* kommen häufig vor. Bei der Gattung *Erodium* sind von den zehn Staubblättern nur fünf fruchtbar Fig. 285 D. Die Griffeltheile werden bei der Reife schraubenförmig eingerollt. *Erodium cicutarium* ist als gemeines Ackerunkraut in ganz Deutschland verbreitet. Die Blüten der *Pelargonium*arten sind zygomorph. Ein Kelchblatt ist gespornt, die fünf ungleichen Kronblätter sind zweilippig gestellt. Die *Pelargonien*, welche aus Afrika stammen, werden in vielen Arten und Varietäten bei uns als Zierpflanzen gezogen.



Figur 285.

Geranium pratense.

Die **Tropaeolaceen** haben zygomorphe Blüten, ein Kelchblatt ist gespornt, die fünf Kronblätter sind ungleich, das hintere Staubblatt des äusseren und das vordere des inneren Kreises fehlen. Der Fruchtknoten ist dreifächerig. *Tropaeolum majus* mit schildförmigen Blättern (Fig. 61 B) und grossen orange-gelben Blüten ist beliebte Gartenzierpflanze.

Die **Oxalideen** haben aktinomorphe Blüten. Die zehn Staubblätter sind am Grunde verwachsen. Der Fruchtknoten besteht aus fünf Fruchtblättern und bildet eine längliche Kapsel Frucht. *Oxalis acetosella* mit weissröthlichen Blüten und klecartigen Blättern ist bei uns in Gebüsch und Laubwäldern häufig. *Oxalis stricta* und *O. corniculata* sind aus Amerika eingewanderte, bei uns in Gemüsegärten häufige Unkräuter mit gelben Blüten.



Figur 286.

Linum.

Die **Linaceen** haben gleichfalls aktinomorphe Blüten mit fünf- oder seltener viergliedrigen Kreisen. Vom *Androsaceum* sind nur die Kelchstamina fruchtbar. Die Kronstamina sind rudimentär oder fehlen ganz. Der Fruchtknoten trägt fünf bzw. vier freie Griffel. Jedes der in gleicher Zahl vorhandenen Fruchtknotenfächer wird durch eine senkrechte, von der Aussenwand entspringende falsche Scheidewand halbirt. Die Gattung *Linum* hat funfzählige Blüten, die Kronblätter sind in der Knospe gedreht und fallen leicht ab. Die Staubgefässe sind am Grunde verwachsen, die Kronstamina sind nur durch kurze Zahnchen angedeutet. Die Frucht ist eine zehnfächerige, zehnsamige Kapsel. Einige Arten, z. B. *Linum catharticum*, kommen bei uns wildwachsend vor, *Linum usitatissimum*, der Flachs, wird seit den ältesten Zeiten als Gespinnstpflanze überall angebaut. Seine Samen sind officinell als Leinsamen, Samen *Lini*.

Die **Balsamineen** haben zygomorphe Blüten. Es sind nur drei Kelchblätter vorhanden, das hintere ist grösser und gespornt. Von den fünf Kronblättern ist das median-vordere das grösste, die seitlichen sind paarweise verwachsen. Die Frucht ist eine funfklappige, elastisch aufspringende Kapsel. Einheimisch ist nur *Impatiens noli tangere* mit hängenden Blüten und zurückgebogenem Sporn Fig. 78 B. *Impatiens minor* mit aufrechten Blüten und geradem Sporn stammt aus der Mongolei und ist jetzt an vielen Stellen in Deutschland verwildert. *J. Balsamina* aus Ostindien wird als Zierpflanze in Gärten gezogen.

b) Die **Terebinthinen** stimmen im Blütenbau mit der vorhergehenden Ordnung überein, nur ist zwischen dem Androeceum und dem Gynaeceum ein deutlicher Diskus vorhanden.

Familien: Zygophyllaceae, Rutaceae, Meliaceae, Simarubaceae, Burseraceae, Anacardiaceae.

Die **Zygophyllaceen** haben einen wenig entwickelten Diskus. Die Blüten sind aktinomorph und zwittrig und in allen Kreisen fünfzählig. Die Antheren der zehn Staubblätter sind intrors und häufig mit schuppigen oder gefransten Anhängseln versehen. Der synkarpe Fruchtknoten ist gefächert. Die Familie gehört der warmen Zone an. Officinell ist das Guajakholz, Lignum Guajaci von Guajacum officinale.

Die **Rutaceen**, deren Blüten gewöhnlich aktinomorph und zwittrig sind, haben fünf- oder vierzählige Organkreise. Die Kronstamina des obdiplostemonen Androeceums sind häufig unterdrückt. Der Diskus ist wohl entwickelt. Alle Arten enthalten zahlreiche lysigene Oellücken in der Rinde und in den Blättern. Die meisten hierher gehörenden Arten sind ausländischen Ursprungs. Ruta graveolens, die Raute, und Dictamnus fraxinella werden bei uns in den Gärten gezogen. Die Gattung Citrus, der Citronen- oder Orangenbaum, wird in zahlreichen Arten und Varietäten in allen wärmeren Ländern angebaut. Officinell sind unreife Pomeranzen, Fructus Aurantii immaturi, die unreifen Früchte und Pomeranzenschale, Cortex Aurantii Fructus, die Schale der ausgewachsenen Früchte von Citrus vulgaris; ferner die Citronenschale, Cortex Citri Fructus, die Schale der ausgewachsenen Früchte von Citrus Limonium. Der im tropischen Amerika einheimische Baum Pilocarpus pennatifolius liefert die officinellen Jaborandiblätter, Folia Jaborandi.



Figur 287.

Ruta.

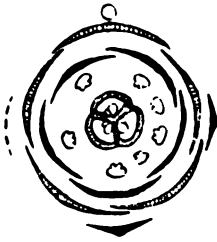
Die **Simarubaceen** stimmen im Blütenbau im Allgemeinen mit den Rutaceen überein, sie unterscheiden sich aber durch den Mangel der Oellücken und durch den reichen Gehalt an Bitterstoffen in Holz und Rinde. Die Arten der Familie sind Bäume und Sträucher der warmen Zone. Officinell ist Quassiaholz, Lignum Quassiae, zerkleinertes Holz und Rindenstücke von Quassia amara und Picraena excelsa.

Die **Burseraceen** sind meist tropische Bäume und Sträucher, welche durch längs verlaufende Harzkanäle in der Rinde ausgezeichnet sind. In Bezug auf den Blütenbau unterscheiden sie sich nicht wesentlich von den vorhergenannten Familien. Balsamea Myrrha, ein kleiner Baum der Küstenabhänge des rothen Meeres, liefert das unter dem Namen Myrrhe, Myrrha, officinelle Gummiharz.

c) Die **Aesculinen** sind durch einen bisweilen nur schwach entwickelten ausserhalb des Staubblattkreises liegenden Diskus gekennzeichnet. Die Blüten sind im Grundplan cyklisch und obdiplostemon wie die der vorhergehenden Reihen, von diesen unterscheidet sich aber die Reihe dadurch, dass das Gynaeceum nur aus zwei oder drei synkarpen Fruchtblättern besteht. Die Blüten sind häufig schräg zygomorph und durch das Fehlschlagen einzelner Staubblätter unvollständig.

Familien: Malpighiaceae, Erythroxylaceae, Sapindaceae, Acerineae, Polygalaceae, Vochysiaceae.

Die Familie der **Erythroxylaceen** umfasst tropische Bäume und Sträucher mit regelmässigen fünfgliederigen Blüten. Die zehn Staubgefässe sind am Grunde zu einer Röhre vereint. Der dreiblättrige Fruchtknoten wird zur einsamigen Steinfrucht. Die Blätter von Erythroxylon Coca enthalten ein als Heilmittel wichtiges, als Cocain bezeichnetes Alkaloid.



Figur 288

Aesculus Hippocastanum.



Figur 289

Polygala.

Die **Sapindaceen** haben zygomorphe Blüthen. Auf den fünfgliederigen Kelch folgen vier oder fünf ungleiche Kronblätter. In den beiden Staubblattkreisen sind gewöhnlich einzelne Glieder fehlgeschlagen. Der Fruchtknoten besteht meist aus drei Fruchtblättern und ist dreifächerig. Viele Arten sind Bäume und Lianen der warmen Zone. Bei uns eingebürgert und als Zierbaum in Anlagen oder als Alleebaum überall verwendet ist *Aesculus Hippocastanum*, die Rosskastanie, mit fünf- bis siebenzählig gefingerten Blättern.

Die **Acerineen** haben regelmässige Blüthen mit vier bis fünf Kelchblättern, vier bis neun Kronblättern, meist acht Staubblättern und einem zweifächerigen Fruchtknoten. Der hypogyne Diskus ist oft stark entwickelt. Die reife Frucht zerfällt meist in zwei einsamige Flügel Früchte. Einige Arten der Gattung *Acer*, Ahorn, besonders *Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus* wachsen bei uns in Anlagen und Allees. Das Holz derselben ist als Werkholz gesucht. *Acer saccharinum* in Nordamerika liefert zuckerhaltigen Saft.

Die Blüthen der **Polygalaceen** sind zygomorph. Von den fünf Kelchblättern sind die beiden inneren kronblattartig und flügelartig. Die Krone besteht aus drei am Grunde verwachsenen Blättern, von denen das vordere kahnförmig ist. Die acht Staubblätter sind zu zwei Bündeln und mit der Krone verwachsen, das Gynaeceum besteht aus zwei verwachsenen Fruchtblättern. Von der Gattung *Polygala* kommen einige Arten in Deutschland vor. *Polygala vulgaris* z. B. ist überall verbreitet. Officinell ist die Senegawurzel, *Radix Senegae*, von der nordamerikanischen *Polygala Senega*.

d) Die **Frangulinen**. Die Blüthen sind aktinomorph und enthalten nur einen Staubblattkreis. Die Blütenkreise sind vier- oder fünfzählig. Das Gynaeceum besteht aus zwei bis vier synkarpen Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist meist mehrfächerig nach der Zahl der Fruchtblätter. Die anatropen Samenanlagen sind mit der Mikropyle nach abwärts gewendet. Bei der Mehrzahl der Familien ist ein intrastaminaler oder extrastaminaler Diskus vorhanden.

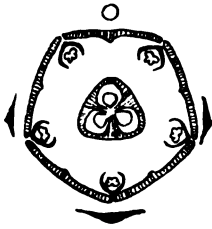
Familien: *Celastraceae*, *Hippocrataceae*, *Pittosporaceae*, *Aquifoliaceae*, *Rhamnaceae*, *Ampelideae*.

Die **Celastraceen** haben aktinomorphe Blüthen nach der Formel:

$$K 4 C 4 A 4 G 4).$$

Daneben kommen bisweilen fünfzählige Blüthen vor. Die Kronblätter greifen in der Knospe dachig über einander, die Staubfäden alterniren mit den Kronblättern. Jedes Fach des Fruchtknotens enthält zwei oder mehr aufrechte anatropen Samenanlagen. Die meisten Arten sind Bäume und Sträucher der warmen und gemässigten Zone. *Evonymus europaeus*, der Spindelbaum, wächst bei uns in Gebüschen und Hecken und ist durch die rosenrothen, stumpf vierkantigen Früchte auffällig, welche vier weisse Samen mit gelbem Arillus einschliessen.

Die **Aquifoliaceen** stimmen im Blütenbau mit den *Celastraceen* überein, nur enthält jedes Fach des Fruchtknotens eine einzige, hängende Samenanlage. *Ilex Aquifolium*, die Stecheiche, ein Strauch mit lederigen, dornig gezähnten, elliptischen Blättern, grünlich weissen Blüthen und rothen Beeren findet sich hin und wieder in den Wäldern Norddeutschlands.



Figur 290.
Rhamnus Frangula.

Die **Rhamnaceen** sind aufrechte Sträucher mit vier- oder fünfzähligen Blütenkreisen. Die kleinen Kronblätter berühren sich in der Knospe nur mit den Rändern. Die Staubblätter sind den Kronblättern superponirt. Der oberständige zwei- bis fünffächerige Fruchtknoten wird zur Kapsel oder Steinfrucht. Rhamnus cathartica mit vierzähligen und Rh. Frangula mit fünfzähligen Organkreisen in der Blüthe sind einheimische Sträucher, welche in Wäldern und Gebüschern ziemlich häufig sind. Die Früchte der ersteren Art sind als Kreuzdornbeeren, Fructus Rhamni catharticae, officinell. Die letztere Art liefert die officinelle Faulbaumrinde, Cortex Frangulae.

Die **Ampelideen** stimmen im Bau der äusseren Organkreise der Blüthe mit den Rhamnaceen überein, der Fruchtknoten ist aber zwei- oder seltener vierfächerig und wird zur Beere. Die meisten Arten sind Klettersträucher mit Ranken. Ampelopsis hederacea, der wilde Wein, aus Nordamerika stammend, wird bei uns zur Bekleidung von Hauswänden und Lauben angepflanzt. Vitis vinifera, der Weinstock, ist eine uralte Culturpflanze, die in vielen Varietäten angebaut und zur Weingewinnung verwendet wird.



Figur 291.
Ampelopsis.

Fünfte Reihe: Die Trikokker.

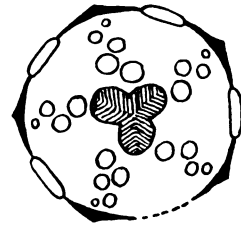
Die Blüten sind meist eingeschlechtig. Das Perigon ist, wenn vorhanden, einfach oder aus Kelch und Krone gebildet. Die Zahl der Staubblätter schwankt in weiten Grenzen, bisweilen ist nur eines vorhanden. Der oberständige Fruchtknoten ist meist dreifächerig. Jedes Fach enthält eine oder zwei anatrophe Samenanlagen, welche hängend und mit der Mikropyle nach auswärts gewendet sind. Am endospermhaltigen Samen ist häufig eine Carunkel ausgebildet.

Die Reihe enthält nur wenige Familien: Euphorbiaceae, Callitrichaceae, Buxaceae, Empetraceae.

Die vielgestaltige Familie der **Euphorbiaceen** enthält Bäume, Sträucher und Kräuter von verschiedenem Habitus. Die Blüten sind monöcisch oder diöcisch. Sie haben entweder Kelch und Krone, beide drei- bis sechsgliedrig, oder ein drei- oder mehrgliederiges Perigon, oder die Blüten sind nackt. Der dreiknopfige Fruchtknoten zerfällt bei der Reife in drei von einer bleibenden Mittelsäule elastisch abspringende Früchtchen. Die Gattung Euphorbia, Wolfsmilch, enthält zahlreiche Arten mit ungegliederten Milchröhren. Die nackten Blüten stehen in eigenthümlichen Blütenständen, welche eine weibliche Blüthe und zehn bis zwölf männliche Blüten enthalten und von einer becherförmigen Hülle, dem Cyathium, umgeben sind.



A



B

Figur 292.

A Cyathium von Euphorbia. B Diagramm desselben. Die männlichen Blüten sind durch Kreise angedeutet, die weibliche Blüthe ist schraffirt.

thium, eingeschlossen werden. Zahlreiche Arten sind einheimisch; zu den häufigsten gehören bei uns *Euphorbia Peplus*, *E. Esula*, *E. Cyparissias* und die eingewanderte *E. Helioscopia*. Alle Euphorbien sind scharfe Giftpflanzen. Manche Arten sind Stammsucculenten. Das gilt unter anderen von der in Afrika heimischen officinellen *Euphorbia resinifera*, welche ein Gummiharz, das Euphorbium der Pharmakopöe, liefert. Von den übrigen Gattungen der Familie ist als einheimisch nur noch *Mercurialis* zu nennen, deren monöcische oder diöcische Blüten ein drei- oder viertheiliges Perigon besitzen.

Von ausländischen Arten sind officinell der auch bei uns als Zierpflanze gezogene *Ricinus communis*, dessen Samen das Ricinusöl, *Oleum Ricini*, liefern; ferner *Mallotus philippinensis*, dessen Früchte einen eigenartigen Haarbesatz haben, welcher durch Abbürsten gewonnen die als Kamala bezeichnete Droge liefert; endlich zwei Arten der Gattung *Croton*. *Croton Eluteria* liefert die Cascarillrinde, *Cortex Cascarillae*, aus den Samenkernen von *Croton Tiglium* wird das Crotonöl, *Oleum Crotonis*, gewonnen.

Einige Arten der Gattung *Siphonia*, besonders *Siphonia elastica*, *S. brasiliensis* u. a. m. liefern Kautschuk. Die Wurzel der in den Tropen angebauten *Manihot utilissima* liefert Stärkemehl, welches als Tapiocca auch zu uns in den Handel kommt.

Die **Callitrichaceen** sind Wasserpflanzen. Sie haben monöcische, nackte Blüten; die männlichen bestehen aus einem Staubgefäß, die weiblichen aus einem vierfächerigen Fruchtknoten mit einsamigen Fächern und zwei Griffeln. Einige Arten der Gattung *Callitriche* z. B. *C. verna* und *C. stagnalis* sind bei uns in stehenden oder langsam fließenden Gewässern häufig.

Sechste Reihe: Die Calycifloren.

Die Calycifloren sind dadurch ausgezeichnet, dass die Blüthenhülle und das Androeceum ihrer Blüten oder doch eines von Beiden perigyn oder epigyn gestellt sind. Die Blüten sind meist cyklisch gebaut. Die Blüthenhülle besteht aus Kelch und Krone, im Androeceum tritt bisweilen Vermehrung der Gliederzahl durch Spaltung ein. Es sind selten mehr als zwei Staubblattkreise vorhanden. Die Fruchtblätter sind meist syncarp seltener apocarp.

Hierher gehören acht Ordnungen:

- | | | |
|-------------------|------------------|------------------|
| a) Umbelliflorae, | b) Saxifraginae, | c) Opuntinae, |
| d) Passiflorinae, | e) Myrtiflorae, | f) Thymelaeinae, |
| g) Rosiflorae, | h) Leguminosae. | |

a) Die **Umbellifloren**. Die Blüten sind rein epigyn meist fünf- oder vierzählig. Der Kelch ist rudimentär, die Zahl der Staubblätter gleich der der Kronblätter. Das Gynaeceum besteht aus zwei, selten aus mehr Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist gefächert, jedes Fach enthält eine Samenanlage. Der Blütenstand ist meist eine Dolde.



Figur 293
Diagramm der
Umbelliferen.

Familien: Umbelliferae, Araliaceae, Cornaceae.

Die Blüten der **Umbelliferen** entsprechen durchweg der Formel

$$K\ 5\ C\ 5\ A\ 5\ G\ (\bar{2}).$$

In jedem Fach des Fruchtknotens hängt eine anatrophe Samenanlage mit auswärts gewendeter Mikropyle. Die Blüten stehen in zusammengesetzten, oder seltener in einfachen Dolden. Die Früchte der Umbelliferen sind Doppelachänen. Jede Teilfrucht besitzt fünf vorspringende Längsrippen, die rinnigen

Vertiefungen zwischen denselben werden als Thälchen bezeichnet. Bisweilen treten in den Thälchen noch wieder Längsrippen hervor, welche gegenüber den fünf Hauptrippen als Nebenrippen bezeichnet werden. In den Thälchen und an der als Fugenfläche bezeichneten Berührungsfläche der Theilfrüchte, verlaufen häufig längsgerichtete ölhaltige Kanäle in der Fruchtknotenwand, welche Oelstriemen genannt werden. Der in der Theilfrucht enthaltene Same birgt einen kleinen Embryo und massiges Endosperm. Nach der Form des Endospermkörpers unterscheidet man in der grossen Familie drei Gruppen:

1. *Orthospermae*. Der Endospermkörper ist auf der Fugenseite flach, oder doch nicht concav. Gattungen: *Hydrocotyle*, *Sanicula*, *Astrantia*, *Eryngium*, *Cicuta*, *Apium*, *Petroselinum*, *Heliosciadium*, *Falcaria*, *Aegopodium*, *Carum*, *Pimpinella*, *Sium*, *Berula*, *Bupleurum*, *Oenanthe*, *Aethusa*, *Foeniculum*, *Seseli*, *Angelica*, *Archangelica*, *Levisticum*, *Peucedanum*, *Imperatoria*, *Anethum*, *Pastinaca*, *Heracleum*, *Ferula*, *Dorema*, *Cuminum*, *Laserpitium*, *Daucus*.
2. *Campylospermae*. Der Endospermkörper hat auf der Fugenseite eine Längsfurche. Gattungen: *Caucalis*, *Turgenia*, *Torilis*, *Scandix*, *Anthriscus*, *Chaerophyllum*, *Myrrhis*, *Conium*, *Pleurospermum*.
3. *Coelospermae*. Der Endospermkörper ist an der Fugenseite uhrglasartig ausgehöhlt. Gattung: *Coriandrum*.

Viele Arten sind in Deutschland einheimisch. Als gemeinste bei uns überall verbreitete Arten mögen genannt werden *Aegopodium Podagraria*, *Carum Carvi*, *Pastinaca sativa*, *Heracleum Sphondylium*, *Daucus Carota*, *Anthriscus silvestris*, *Chaerophyllum temulum*. Als Küchengewächse respective als Gemüsepflanzen werden häufiger angebaut: *Apium graveolens*, der Sellerie; *Petroselinum sativum*, die Petersilie; *Carum Carvi*, der Kümmel; *Anethum graveolens*, der Dill; *Anthriscus Cerefolium*, der Kerbel; *Daucus Carota*, die Mohrrübe. Stark giftigwirkende Stoffe enthalten: *Cicuta viscosa*, der Wasserschierling; *Aethusa Cynapium*, *Conium maculatum*. Officinell sind: Kümmel, *Fructus Carvi* von *Carum Carvi*; Anis, *Fructus Anisi* von *Pimpinella Anisum*; der Fenchel, *Fructus Foeniculi* von *Foeniculum capillaceum*; Angelikawurzel, *Radix Angelicae* von *Archangelica officinalis*; Liebstöckelwurzel, *Radix Levistici* von *Levisticum officinale*; Bibernelnwurzel, *Radix Pimpinellae* von *Pimpinella Saxifraga* und *P. magna*; Schierling, *Herba Conii* von *Conium maculatum*; — ferner *Galbanum*, Gummiharz von *Peucedanum galbanifluum*; *Asant*, *Asa foetida*, Gummiharz von *Peucedanum Scorodosma*, *P. Narthex* u. a. m.

Die **Aralliaceen** weichen im Blütenbau nur wenig von den Umbelliferen ab. Das Gynaeceum besteht aus zwei oder mehr Fruchtblättern und wird zur Beere oder Steinfrucht. Einheimisch ist nur *Hedera Helix*, der Epheu.

Die **Cornaceen** haben vierzählige Organkreise in der Blüthe. Der zweifächerige Fruchtknoten wird zur Steinfrucht. Die hängenden anatropen Samenanlagen sind mit der Mikropyle einwärts gekehrt. *Cornus mas* und *C. sanguinea*, der Hartriegel, sind einheimische Sträucher, die häufig in Gebüsch und Hecken angepflanzt werden,

b) Die **Saxifraginen**. Die Blüten der verschiedenen Gattungen zeigen alle Uebergänge von hypogynem zu epigynem Bau. Der Kelch ist wohl entwickelt, die Krone oft rudimentär. Das Androeceum ist meist obdiplostemon bisweilen fehlen die Kronstamina. Die Fruchtblätter sind den übrigen Kreisen gleichzählig oder bis auf zwei vermindert; sie sind ganz oder nur im oberständigen Theil apocarp.

Familien: *Crassulaceae*, *Saxifragaceae*, *Hamelideae*.

Die **Crassulaceen** sind Blattsucculenten, in deren Blüten alle Kreise drei- bis dreissigzählig sind. Ein-



Figur 294.
Saxifraga granulata.

heimisch sind die Gattungen *Sedum* mit fünftheiligem und *Sempervivum* mit sechs oder mehrtheiligem Kelch. *Sedum acre* ist an sandigen Plätzen überall gemein.

Die **Saxifragaceen** haben meist aktinomorphe Blüten mit vier- oder fünfzähligen Kreisen. Die Krone ist zum Schwinden geneigt. Das Gynaeceum ist zwei- bis fünfblättrig, unter-, ober- oder halboberständig. *Saxifraga*, *Chrysosplenium*, *Parnassia* und *Ribes* sind einheimische Gattungen. *Ribes rubrum*, die Johannisbeere, und *R. Grossularia*, die Stachelbeere, werden überall als Beerenobst angebaut. *Philadelphus coronarius* und *Deutzia scabra* sind beliebte Ziersträucher.

c) Die **Opuntinen**. Die Blüten sind rein epigyn und spiralig gebaut. Kelch und Krone bestehen aus vielen Blättern und gehen ohne scharfe Grenze in einander über. Die Staubblätter sind gleichfalls zahlreich. Das Gynaeceum besteht aus drei bis vielen synkarpen Fruchtblättern. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält viele Samenanlagen in parietaler Placentation.

Familie: Cactaceae.

Die **Cactaceen** sind Stammsucculenten des wärmeren Amerika. Im Blütenbau entsprechen sie der Charakteristik der Ordnung, deren einzige Familie sie bilden. Manche Arten von *Cereus*, *Opuntia*, *Mamillaria*, *Echinocactus*, *Phyllocactus* u. a. m. werden bei uns als Topfpflanzen gezogen.

d) Die **Passiflorinen**. Die aktinomorphen Blüten sind epi- oder perigyn. Die Blütenhülle besteht aus Kelch und Krone. Das Androeceum ist haplostemon oder diplostemon, oder es enthält zahlreiche Staubblätter in unbestimmter Anordnung. Das Gynaeceum besteht aus drei Fruchtblättern, welche einen einfächerigen Fruchtknoten mit parietaler Placentation bilden.

Familien: Passifloraceae, Papayaceae, Turneraceae, Loasaceae, Datisceae, Begoniaceae.

Die Familien der Ordnung gehören ausnahmslos den wärmeren Erdstrichen an. Die zu den **Begoniaceen** gehörige Gattung *Begonia* liefert einige unter dem Namen Schiefblatt bei uns in Töpfen cultivirte Zierpflanzen.

e) Die **Myrtifloren** haben epi- oder perigyne Blüten von regelmässigem Bau. Die Kreise sind meist vier- bis fünfzählig, Kelch und Krone sind vorhanden. In der Knospe berühren sich die Kelchblätter mit den Rändern. Die Staubblätter stehen in zwei Kreisen oder sind zahlreich. Das Gynaeceum ist synkarp mit einfachem Griffel. Der Fruchtknoten ist mehrfächerig.

Familien: Onagraceae, Halorhagidaceae, Combretaceae, Rhizophoraceae, Lythraceae, Melastomaceae, Myrtaceae.

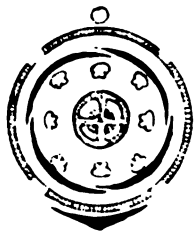


Fig. 295

Epilobium.

Die **Onagraceen** haben meist die Blütenformel

$K 4 C 4 A 8$ oder $4 G (4)$

daneben kommen auch zwei-, drei- und fünfzählige Blüten vor. In der Knospe sind die Kelchblätter klappig, die Kronblätter sind rechts gedreht oder fehlen bisweilen. Die Griffel sind verwachsen, die Fruchtknotensächer enthalten meist viele Samenanlagen. Von den Gattungen sind *Epilobium* und *Circaea* als einheimische zu nennen. *Epilobium parviflorum*, *E. hirsutum*, *E. angustifolium* und *Circaea lutetiana*

kommen häufiger vor. *Oenothera biennis* aus Virginien ist bei uns an vielen Orten eingebürgert. Die südamerikanische Gattung *Fuchsia* wird in vielen Arten und Varietäten als Zierpflanze in Töpfen gezogen.

Die **Haloragidaceen** stimmen mit den **Onagraceen** im Blütenbau überein nur sind die Griffel frei und die Fruchtknotenfächer einsamig. Hierher gehören einige einheimische Wasserpflanzen aus der Gattung *Myriophyllum*.

Die perigynen Organkreise in den Blüten der **Lythraceen** sind meist sechszählig, die Kronblätter sind in der Knospe geknittert oder fehlen bisweilen ganz. Die Frucht ist eine Kapsel mit ein bis sechs vielsamigen Fächern. Das hierher gehörige bei uns auf feuchten Stellen gemeine *Lythrum Salicaria* ist durch Heterostylie ausgezeichnet.

Die Blüten der **Myrtaceen** haben vierzähligen Kelch und Krone. Das Androeceum ist durch Spaltung vielzählig. Das unterständige Gynaeceum besteht aus zwei bis vier Fruchtblättern. Die Familie ist auf die warme Zone beschränkt, die meisten Arten sind an aromatischen Stoffen reiche Holzpflanzen, einige liefern officinelle Stoffe: Gewürznelken, Caryophylli sind die nicht geöffneten Blüten von *Eugenia caryophyllata*; die Granatrinde, *Cortex Granati*, stammt von *Punica Granatum*.

f) Die **Thymelaeinen**. Die Blüten sind perigyn meist mit kronartigem Kelch und ohne Krone. Die Staubblätter stehen in einem oder in zwei Kreisen. Das Gynaeceum besteht aus nur einem frei im Centrum stehenden Fruchtblatt meist mit nur einer Samenanlage.

Familien: *Thymelaeaceae*, *Elaeagnaceae*, *Proteaceae*.

Die **Thymelaeaceen** haben ein kronblattartiges, röhrig verwachsenes Perigon mit viertheiligem Saum, dessen Zipfel in der Knospe dachig über einander greifen. Die vier oder acht Staubblätter sind mit dem Perigon verwachsen, der oberständige Fruchtknoten enthält eine hängende Samenanlage und wird zur Beere. Die hierher gehörenden Pflanzen sind meist Sträucher und scharfe, zum Theil ätzende Giftpflanzen. Einheimisch ist *Daphne Mezereum*, der Seidelbast, ein Strauch, der im ersten Frühling vor dem Erscheinen der Blätter mit rosenrothen, betäubend süßlich riechenden Blüten bedeckt ist.

Die **Elaeagnaceen** haben eine aufrechte Samenknospe im Fruchtknoten. Die Frucht ist eine Nuss, welche vom bleibenden Grunde des Perigons eingeschlossen ist. Die Epidermis der hierher gehörenden Bäume und Sträucher ist mit silberweissen oder bräunlichen Sternhaaren bedeckt. *Elaeagnus angustifolius*, die Oelweide, und *Hippophaë rhamnoides*, der Sanddorn, sind bei uns als Ziersträucher in Anlagen zu finden.

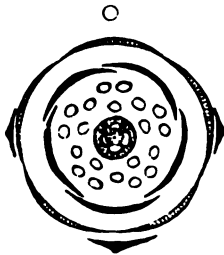
g) Die **Rosifloren**. Die Blüten sind peri- oder epigyn. Kelch und Krone sind meist fünfzählig und alternirend. Das Androeceum enthält 5 bis 30 Staubblätter. Die Fruchtblätter sind meist sehr zahlreich doch kommen auch niedere Zahlen bis zu 1 vor. Die Griffel sind stets frei.

Familie: *Rosaceae*.

Die **Rosaceen** sind Bäume, Sträucher oder Kräuter. Die charakteristischen Merkmale des Blütenbaues stimmen mit denen der Ordnung überein. Die Fruchtbildung ist sehr verschieden; man unterscheidet danach sechs Unterfamilien:

1. *Pomeae*. Das Gynaeceum ist aus zwei bis fünf verwachsenen Fruchtblättern gebildet und enthält mehrere Samenanlagen. Gattungen: *Crataegus*, *Mespilus*, *Cotoneaster*, *Pirus*, *Cydonia*, *Sorbus*.
2. *Roseae*. Das aus vielen apokarpen Fruchtblättern bestehende Gynaeceum ist in ein fleischig werdendes, unterständiges *Receptaculum* eingesenkt. Die einsamigen Theilfrüchte in der als Hagebutte bezeichneten Scheinfrucht sind zuletzt steinartig. Gattung: *Rosa*.

3. **Potentilleae.** Die meist zahlreichen, apokarpen Fruchtblätter sind zu einem oberständigen Syncarpium vereinigt. Die reifen Theilfrüchte sind trocken oder steinfruchtartig. Gattung: *Alchemilla*, *Potentilla*, *Comarum*, *Fragaria*, *Rubus*, *Geum*, *Dryas*.
4. **Poterieae.** Die ein bis drei apokarpen Fruchtblätter sind in ein zuletzt erhärtendes Receptaculum eingeschlossen und bilden bei der Reife nussartige, einsamige Theilfrüchte. Gattungen: *Sanguisorba*, *Poterium*, *Agrimonia*.
5. **Spiraeae.** Das Gynaeceum besteht meist aus fünf einblättrigen, mehrsamigen, oberständigen Früchten, welche bei der Reife balgfruchtartig aufspringen. Gattungen: *Spiraea*, *Kerria*, *Hagenia*, *Quillaia*.
6. **Pruneeae.** Das Gynaeceum besteht aus einem frei im Grunde des Receptaculums stehenden Fruchtblatt, welches bei der Reife zur einsamigen Steinfrucht wird. Gattungen: *Persica*, *Prunus*.



Figur 296.

Pirus communis.

Die meisten der genannten Gattungen sind in der einheimischen Flora vertreten; als häufigste Arten mögen genannt sein: *Crataegus oxyacantha*, *Sorbus aucuparia*, *Rosa canina*, *Alchemilla vulgaris*, *Potentilla anserina*, *P. Tormentilla*, *P. reptans*, *P. argentea*, *P. verna*, *Fragaria vesca*, *Rubus caesius*, *Spiraea ulmaria*, *Prunus spinosa*. — *Pirus communis*, der Birnbaum; *P. malus*, der Apfelbaum; *Cydonia vulgaris*, die Quitte; Arten von *Fragaria*, Erdbeere; *Rubus Idaeus*, die Himbeere; *Prunus domestica*, die Pflaume; *P. insititia*, die Kire; *P. Armeniaca*, die Aprikose; *P. Cerasus*, die Weichsel; *P. avium*, die Kirsche und *Persica vulgaris*, der Pfirsich werden in zahlreichen Varietäten angebaut und liefern in ihren Früchten die geschätztesten Obstsorten. Viele Arten der Gattungen *Rosa* und *Spiraea* sind beliebte Zierpflanzen. Officinell

sind Rosenblätter, *Flores Rosae*, die Kronblätter von *Rosa centifolia*; *Kosoblüthen*, *Flores Koso*, weibliche Blüten oder Blütenstände von *Hagenia abyssinica*; bittere Mandeln, *Amygdalae amarae*, und süsse Mandeln, *Amygdalae dulces*, die Samen zweier Varietäten von *Prunus Amygdalus*; Seifenrinde, *Cortex Quillaiae*, von *Quillaia Saponaria*. Ferner ist Himbeersirup, *Sirupus Rubi Idaei*, und Kirschensirup, *Sirupus Cerasorum*, in der Pharmakopöe vorgeschrieben.

h) Die **Leguminosen.** Die meist zygomorphen Blüten sind perior oder hypogyn, nie epigyn. Die Blütenhülle besteht in der Anlage in der Regel aus zwei Kreisen mit je fünf Gliedern. Die Zahl der Staubblätter ist meist zehn. Das Gynaeceum besteht aus einem einzigen Fruchtblatt, welches zur Hülse wird.

Familien: *Papilionaceae*, *Caesalpinieae*, *Mimosaceae*.

Die **Papilionaceen** haben Schmetterlingsblüthen, welche der Formel

$K \ 5 \ C \ 5 \ A \ (10) \ \text{oder} \ (9) + 1 \ \text{seltener} \ 10 \ G \ 1.$



Figur 297

Vicia Faba.

entsprechen. Die Blätter der Krone greifen von hinten nach vorne übereinander. Die Familie umfasst in zahlreichen Gattungen Bäume, Sträucher und Kräuter. Als häufigste einheimische Arten mögen genannt sein: *Genista tinctoria*, *G. germanica*, *Anthyllis vulneraria*, *Ononis spinosa*, *Melilotus officinalis*, *Trifolium repens*, *T. pratense*, *T. arvense*, *T. procumbens*, *Lotus corniculatus*, *Vicia Cracca*, *V. sepium*, *V. angustifolia*, *Orobus vernus*. — Gemüsepflanzen sind *Vicia Faba*, *Lens esculenta*, *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris*. — Als Feldfrüchte zu Futterzwecken werden häufig bei uns angebaut *Medicago sativa*, verschiedene Arten von *Trifolium*, *Onobrychis sativa*, *Vicia Faba* und *V. sativa*, *Lathyrus silvestris*, *Pisum sativum*, *Lupinus luteus* und *L. angustifolius*. — Als Zierpflanzen werden verwendet *Cytisus*

Laburnum, Robinia Pseudacacia, Colutea arborescens, Caragana arborescens, Glycine chinensis. Officinell sind: Hauhechelwurzel, Radix Ononidis von Ononis spinosa; Bockshornsamensamen, Semen Faenugraeci von Trigonella Faenum graecum; Steinklee, Herba Meliloti von Melilotus officinalis und M. altissimus; Süssholz, Radix Liquiritiae von Glycyrrhiza glabra; Tragant, Tagacantha, erhärteter Schleim der Stämme von Astragalus adscendens, A. leioclados, A. brachycalyx, A. gummifer, A. microcephalus, A. pycnoclados, A. verus; Chrysarobin, Chrysarobinum, ein krystallinisches Pulver, welches durch Reinigung der in den Höhlungen der Stämme von Andira Araroba ausgeschiedenen Masse erhalten wird; Tolubalsam, Balsamum toltitanum, das erhärtete Harz der Toluifera Balsamum; Perubalsam, Balsamum peruvianum, der Harzsaft der Rinde von Toluifera Perceirae.

Die Blütenhülle der **Caesalpinieen** ist nach derselben Formel gebaut wie die der Papilionaceen, die Kronblätter decken sich aber von vorne nach hinten oder fehlen zuweilen ganz. Staubblätter sind oft weniger, seltener mehr als zehn, alle frei oder in verschiedener Weise verwachsen. Alle Arten gehören der wärmeren Zone an. Officinell sind: Sennesblätter, Folia Sennae, die Fiederblättchen von Cassia angustifolia und C. acutifolia; Tamarindenmus, Pulpa Tamarindorum cruda, das schwarzbraune Mus der Hülsen von Tamarindus indica; Copaivabalsam, Balsamum Copaivae, der Harzsaft südamerikanischer Copaiifera-Arten, vorzüglich der Copaiifera officinalis und C. guianensis; Ratanhiawurzel, Radix Ratanhiae, Wurzeläste von Krameria triandra.

Die Familie der **Mimosaceen** umfasst die Leguminosen mit aktinomorphen Blüten. Auf den verwachsenblättrigen Kelch folgt eine wohlentwickelte Krone mit klappiger Knospenlage; das in der Anlage diplostemonone Androeceum erscheint durch Fehlschlagen der Kronstamina haplostemon oder es wird durch Vermehrung der Glieder vielzählig. Das Gynaeceum ist in der für die Leguminosen typischen Weise ausgebildet. Die zahlreichen hierher gehörenden Gattungen sind auf die warme Zone beschränkt. Mimosa pudica, welche durch die hohe Reizbarkeit ihrer Blätter vor anderen Arten ausgezeichnet ist, wird bei uns vielfach in Gewächshäusern gezogen (Fig. 186). Manche Arten der Gattung Acacia sind, wie die in Figur 60 abgebildete, durch Phyllodienbildung ausgezeichnet. Officinell sind: Katechu, Catechu, ein Extrakt aus dem Holze von Acacia Catechu, und arabisches Gummi, Gummi arabicum, hauptsächlich von Acacia Senegal.

B. Die Sympetalen.

Die Sympetalen umfassen drei Reihen:

1. Isocarpae (Seite 313), 2. Anisocarpae hypogynae (Seite 315),
3. Anisocarpae epigynae (Seite 317).

Erste Reihe: Die Isokarpen.

Die Isokarpen haben cyklische Blüten mit Kelch und Krone. Das Androeceum besteht der Regel nach aus zwei Kreisen, die in der Zahl der Glieder mit den Kreisen der Blütenhülle übereinstimmen. Auch die Fruchtblätter sind in gleicher Zahl vorhanden und bilden einen meist oberständigen Fruchtknoten.

Man unterscheidet drei Ordnungen:

- a) Ericinae, b) Primulinae, c) Diospyrinae.

a) Die **Ericinen** haben ein obdiplostemonones Androeceum. Der Fruchtknoten ist bisweilen halb unterständig oder unterständig.

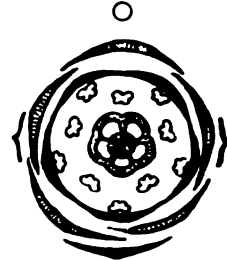
Familien: Ericaceae. Epacrideae.

Bei den **Ericaceen** sind gewöhnlich beide Staminalkreise entwickelt, die Antheren sind meist zweihörnig und springen mit zwei Poren auf, die Pollenkörner bleiben zu je vier vereinigt.

Man unterscheidet fünf Unterfamilien:

1. **Vaccinieae**. Der Fruchtknoten ist unterständig. Gattung: *Vaccinium*.
2. **Ericaeae**. Der Fruchtknoten ist oberständig, die Frucht meist eine loculicide Kapsel. Gattungen: *Erica*, *Calluna*, *Andromeda*, *Arctostaphylos*.
3. **Rhodoreae**. Der Fruchtknoten ist oberständig, die Kapsel septicid. Gattungen: *Azalea*, *Rhododendron*, *Ledum*.
4. **Piroleae**. Die Kronblätter sind frei, die Antheren sind ohne Anhängsel, Pflanzen mit grünen Blättern. Gattung: *Pirola*.
5. **Monotropeae** wie vorige, aber die Pflanze blattlos und ohne Chlorophyll. Gattung: *Monotropa*.

Alle genannten Gattungen sind, wenn auch meist nur durch seltene Arten, in Deutschland vertreten. Häufiger sind *Vaccinium Myrtillus* und *V. Vitis idaea*, deren Beerenfrüchte auf den Markt gebracht werden; ferner *Calluna vulgaris*, *Pirola rotundifolia*. Einige ausländische Arten von *Azalea* und *Rhododendron* werden bei uns als Zierpflanzen gezogen. Officinell sind nur die Bärentraubenblätter, *Folia Uvae Ursi* von *Arctostaphylos Uva Ursi*.



Figur 298

Vaccinium Vitis idaea.

b) Die **Primulinen**. Die Blüten sind in der Anlage diplostemon, häufig ist aber der äussere Staubblattkreis unterdrückt. Die Kronstamina sind den Kronblättern angewachsen. Der Fruchtknoten ist einfächerig und enthält eine Centralplacenta mit zahlreichen Samenanlagen oder eine einzelne, central gestellte Samenanlage.

Familien: **Primulaceae**, **Myrsinaceae**, **Plumbaginaceae**.



Figur 299.

Primula.

Die Familie der **Primulaceen** ist charakterisiert durch die Kapsel Frucht mit vielsamiger Centralplacenta, sie umfasst einjährige und ausdauernde Kräuter, von denen zahlreiche Arten besonders aus den Gattungen *Anagallis*, *Lysimachia*, *Primula*, *Androsace* bei uns einheimisch sind. Häufiger kommen vor *Anagallis arvensis*, *Lysimachia Nummularia* und *L. vulgaris*, *Primula elatior* und *P. officinalis*. Arten von *Primula* und *Cyclamen* werden als Zierpflanzen gezogen.

Die **Myrsinaceen** sind tropische Bäume und Sträucher mit Beerenfrucht. Die **Plumbaginaceen** haben als Frucht einsamige Achänen, welche vom bleibenden Kelch umgeben sind. *Armeria vulgaris* ist ein häufiger vorkommender einheimischer Vertreter.

c) Die **Diospyrinen**. Die Blüten sind diplostemon. Die Kelchstamina sind bisweilen unfruchtbar. Der Fruchtknoten ist in der Regel mehrfächerig.

Familien: **Sapotaceae**, **Ebenaceae**, **Styraceae**.

Alle drei Familien gehören den wärmeren Erdstrichen an. Die **Sapotaceen** haben oberständige Fruchtknoten mit je einer Samenanlage in jedem Fach. Officinell ist die *Guttapercha*, *Gutta Percha*, der eingetrocknete Milchsaft verschiedener Arten der Gattungen *Dichopsis*, *Isonandra* und *Paysona*.

Die **Ebenaceen** haben oberständige Fruchtknoten mit zwei Samenanlagen in jedem Fach. Das schwarze Kernholz von *Diospyros Ebenum* wird als Ebenholz in der Kunsttischlerei verwendet.

Die **Styraceen** haben unterständige Fruchtknoten. Officinell ist die *Benzoe*, *Benzoe*, ein Harz aus der Rinde von *Styrax Benzoin*.

Zweite Reihe: Die hypogynen Anisokarpen.

Die regelmässigen cyklischen Blüten haben Kelch und Krone, das Androeceum ist haplostemon. Die Zahl der Fruchtblätter ist geringer als die Gliederzahl der übrigen Kreise, meist gleich zwei oder drei. Der Fruchtknoten ist stets oberständig.

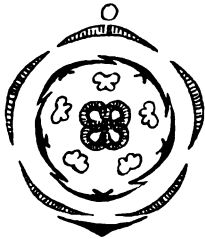
Wir unterscheiden drei Ordnungen:

- a) Tubiflorae, b) Labiatiflorae, c) Contortae.

a) Die **Tubifloren** haben fast ausnahmslos eine aktinomorphen Blütenhülle aus Kelch und Krone. Die Kronblätter sind in der Regel hochhinauf verwachsen, so dass die Krone unten eine Röhre bildet. Meist folgen auf das fünfzählige Androeceum zwei Fruchtblätter.

Familien: Convolvulaceae, Polemoniaceae, Asperifoliaceae, Solanaceae.

Die **Convolvulaceen** haben eine gewöhnlich rechts-gedrehte Krone. Der Fruchtknoten ist meist zweifächerig mit ein- oder zweisamigen Fächern. Die meisten Arten sind windende Kräuter mit wechselständigen Blättern. Die Arten der Gattung *Cuscuta* sind blattlose Stengelschmarotzer. Verbreitete einheimische Vertreter der Familie sind *Convolvulus arvensis* und *C. sepium* sowie *Cuscuta europaea*. Officinell sind die Jalapenknollen, *Tubera Jalapae* von *Ipomoea Purga*.



Figur 301.

Anchusa officinalis.

Die **Asperifoliaceen** haben einen der Anlage nach zweifächerigen Fruchtknoten mit einfachem Griffel und mit zwei Samenanlagen in jedem Fach; durch Einschnürung wird aber jedes Fach in zwei einsamige Klausen geteilt, welche sich zu nussartigen Früchtchen entwickeln. Die meisten Arten sind Kräuter mit scharfen, borstenartigen Haaren. Wichtigste einheimische Gattungen sind *Cynoglossum*, *Anchusa*, *Lycopsis*, *Symphytum*, *Pulmonaria*, *Myosotis*, *Lithospermum* und *Echium*. Häufiger vorkommende Arten sind: *Lycopsis arvensis*, *Symphytum officinale*, *Pulmonaria officinalis*, *Myosotis palustris*, *M. stricta* und *M. intermedia*, *Lithospermum arvense*, *Echium vulgare*.



Figur 300.

Convolvulus sepium.

Die **Solanaceen** haben zweifächerige Fruchtknoten mit vielsamigen Fächern. Die Fruchtfächer sind diagonal gestellt. Nach der Art der Fruchtbildung kann man unterscheiden

1. Solaneae mit Beerenfrucht. Gattungen: *Solanum*, *Physalis*, *Atropa*, *Lycium*, *Capsicum*.
2. Datureae mit Kapselfrucht. Gattungen: *Datura*, *Hyoscyamus*, *Nicotiana*, *Petunia*.

Die Solanaceen enthalten meistens narkotisch wirkende Alkaloide, viele sind Giftpflanzen oder liefern wirksame Arzneistoffe. *Solanum nigrum* und *S. dulcamara* kommen häufiger bei uns wildwachsend vor. *Solanum tuberosum*, die Kartoffel, stammt aus Amerika und wird bei uns als wichtige Nahrungspflanze überall angebaut. Wichtig als Genussmittel ist ferner der Tabak, die Blätter verschiedener *Nicotiana*-Arten, besonders *Nicotiana Tabacum*, *N. macrophylla* und *N. rustica*, welche in den verschiedensten Ländern der heissen und gemässigten Zonen



Figur 302.

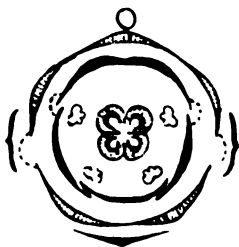
Datura Stramonium.

cultivirt werden. Officinell sind: spanischer Pfeffer, *Fructus Capsici* von *Capsicum annuum*; Belladonnablätter, *Folia Belladonnae* von *Atropa Belladonna*; Tabakblätter, *Folia Nicotianae* von *Nicotiana Tabacum*; Stechapfelblätter, *Folia Stramonii* von *Datura Stramonium*; Bilsenkraut, *Herba Hyoscyami* von *Hyoscyamus niger*.

b) Die **Labiatifloren**. Die Blüten sind deutlich medianzygomorph, Kelch und Krone sind meist zweilippig. Von den fünf Staubblättern ist meist das median hintere bisweilen auch noch das Paar der seitlich hinteren unterdrückt. Der Fruchtknoten wird aus zwei median gestellten Fruchtblättern gebildet und trägt einen einfachen Griffel.

Familien: Labiatae, Scrophulariaceae, Lentibulariaceae, Gesneraceae, Bignoniaceae, Acanthaceae, Selaginaceae, Verbenaceae, Plantaginaceae.

Die **Labiaten** haben einen aus zwei medianen Fruchtblättern gebildeten Fruchtknoten, der wie bei den Asperifoliaceen durch Einschnürung in vier einsamige Klausen zerfällt. Das Androeceum wird von vier, seltener von zwei Staubblättern gebildet. Die umfangreiche Familie umfasst Sträucher, Halbsträucher und Kräuter mit vierkantigem Stengel und meist einfachen, dekussierten Blättern ohne Nebenblätter. Von den zahlreichen einheimischen Gattungen sind die wichtigsten



Figur 303.

Diagramm der meisten Labiaten.

Mentha, *Lycopus*, *Salvia*, *Origanum*, *Thymus*, *Calamintha*, *Glechoma*, *Lamium*, *Galeobdolon*, *Galeopsis*, *Stachys*, *Ballota*, *Leonurus*, *Scutellaria*, *Prunella*, *Ajuga*, *Teucrium*. Häufiger vorkommende Arten sind: *Mentha aquatica*, *M. arvensis*, *Origanum vulgare*, *Thymus Serpyllum*, *Glechoma hederacea*, *Lamium album*, *L. purpureum*, *L. amplexicaule*, *Galeopsis versicolor*, *Stachys palustris*, *St. silvatica*, *St. arvensis*, *Ballota nigra*, *Prunella vulgaris*, *Ajuga reptans*. — Officinell sind Lavendelblüthen, *Flores Lavandulae* von *Lavandula vera*; Melissenblätter, *Folia Melissa* von *Melissa officinalis*; Pfefferminzblätter, *Folia Menthae piperitae* von *Mentha piperita*; Salbeiblätter, *Folia Salviae* von *Salvia officinalis*; Quendel, *Herba Serpylli* von *Thymus Serpyllum*. Thymian, *Herba Thymi* von *Thymus vulgaris*; Rosmarinöl, *Oleum Rosmarini* aus den Blättern von *Rosmarinus officinalis*.

Die **Scrophulariaceen** haben einen zweifächerigen Fruchtknoten mit vielen Samenanlagen. Kelch und Krone sind meist fünfzählig, bisweilen durch Unter-



Figur 304.

Linaria vulgaris.

drückung eines Gliedes vierzählig, bisweilen sind alle fünf Staubblätter ausgebildet, häufiger sind vier oder nur zwei vorhanden. Einheimisch sind bei uns die Gattungen *Verlaseum*, *Scrophularia*, *Linaria*, *Digitalis*, *Veronica*, *Melampyrum*, *Pedicularis*, *Rhinanthus*, *Euphrasia*, *Lathraea*. Häufiger sind *Verbascum nigrum*, *Scrophularia nodosa*, *Linaria vulgaris*, *Veronica Chamaedrys*, *V. Beccabunga*, *V. officinalis*, *V. serpyllifolia*, *V. arvensis*, *V. hederifolia*, *Melampyrum nemorosum*, *M. pratense*, *Pedicularis palustris*, *P. silvatica*, *Rhinanthus major*, *Rh. minor*, *Euphrasia officinalis*. — Officinell sind Wollblumen, *Flores Verbasci* von *Verbascum phlomoides* und *V. thapsiforme*; Fingerhutblätter, *Folia Digitalis*, von *Digitalis purpurea*.

Die kleine Familie der **Lentibulariaceen** ist durch einfache Kapseln mit vielsamiger Centralplacenta ausgezeichnet. In der heimischen Flora ist sie durch die Gattungen *Pinguicula* und *Utricularia* vertreten. Die Arten beider Gattungen sind Insektivoren. Häufiger ist *Utricularia vulgaris*, ein untergetaucht schwimmendes Kraut.

Die **Gesneraceen** haben einfächerige Fruchtknoten mit wandständigen Placenten, die Frucht ist eine einfächerige Kapsel. Von den einheimischen

gehört hierher die Gattung *Orobanche*, krautige Pflanzen von gelblicher oder röthlicher Farbe, welche auf den Wurzeln anderer Gewächse schmarotzen. Keine der zahlreichen Arten ist besonders häufig; *Orobanche ramosa* kommt hie und da auf Hanf- und Tabaksfeldern vor, *Orobanche Epithymum* schmarotzt auf *Thymus Serpyllum*. Die Blüten der **Plantaginaceen** sind durch Unterdrückung eines Gliedes in Kelch und Androeceum und Verschmelzung zweier Kronblätter scheinbar vierzählig. Die Frucht ist meist eine zwei- bis viersamige Deckelkapsel. Einige Arten der Gattung *Plantago*, z. B. *Plantago lanceolata*, *P. major*, *P. media* sind überall in Deutschland gemein.

c) Die **Contorten**. Die Blüten sind streng aktinomorph, die Krone ist in der Knospe meist eingedreht. Die Zahl der Glieder in den Blütenkreisen ist meist vier oder fünf, bisweilen sind nur zwei Staubblätter vorhanden. Das Gynaeceum besteht immer aus zwei Fruchtblättern.

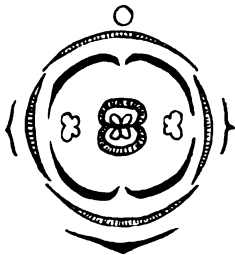
Familien: *Apocynaceae*, *Asclepiadeae*, *Gentianeae*, *Loganiaceae*, *Oleaceae*, *Jasminaceae*.

Die **Gentianeen** haben gleichviel Glieder in Kelch, Krone und Androeceum, die beiden Fruchtblätter sind völlig verwachsen. Der Fruchtknoten ist meist einfächerig mit zwei vielsamigen, wandständigen Placenten. Einheimische Gattungen sind *Gentiana*, *Erythraea*, *Menyanthes*. Als Beispiel möge die überall häufige *Erythraea Centaurium* genannt sein. Officinell sind Enzianwurzel, *Radix Gentianae* von *Gentiana lutea*, *G. pannonica*, *G. purpurea* und *G. punctata*; Tausendgüldenkraut, *Herba Centaurii* von *Erythraea Centaurium*; Bitterklee, *Folia Trifolii fibrini* von *Menyanthes trifoliata*.



Figur 305.

Menyanthes trifoliata.



Figur 306.

Olea europaea.

Die **Loganiaceen** sind Pflanzen der wärmeren Zone. Die Fruchtblätter bilden einen zweifächerigen Fruchtknoten mit einfachem Griffel. Officinell ist die Brechnuss, Samen *Strychni* von *Strychnos Nux vomica*.

Die **Oleaceen** haben zweifächerige Fruchtknoten mit zwei Samenanlagen in jedem Fach. Das Androeceum wird stets nur von zwei Staubblättern gebildet. Einheimische Vertreter der Familie sind *Ligustrum vulgare* und *Fraxinus excelsior*, die Esche. *Syringa vulgaris*, der spanische Flieder, und verwandte Arten sind unsere häufigsten Ziersträucher. *Olea europaea* ist ein starrer, unansehnlicher Baum der Mittelmeerländer, dessen zwetschenähnliche Früchte das als Speiseöl überall verwendete Olivenöl liefern. Officinell ist Manna, der eingetrocknete

Saft aus der Rinde von *Fraxinus Ornus*, und Olivenöl, *Oleum Olivarum* von *Olea europaea*.

Dritte Reihe: Die epigynen Anisocarpen.

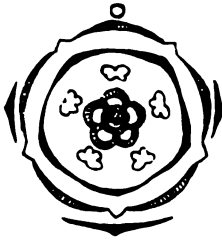
Für diese Reihe ist die Ausbildung eines unterständigen Fruchtknotens das charakteristische Merkmal. Wir unterscheiden drei Ordnungen:

- a) *Campanulinae*, b) *Rubiinae*, c) *Aggregatae*,

a) Die **Campanulinen**. In den Kreisen der Blüte herrscht die Fünfzahl vor. Das Gynaeceum besteht oft aus drei Fruchtblättern, von

denen das eine median nach hinten gestellt ist, daneben kommen zwei mediane Fruchtblätter vor; viel seltener sind ein oder mehr als drei Fruchtblätter.

Familien: Campanulaceae, Lobeliaceae, Stylidiaceae, Gardeniaceae, Cucurbitaceae.



Figur 307.

Campanula.

Die **Campanulaceen** haben aktinomorphe, meist zweigeschlechtliche Blüthen mit glockiger oder röhriger Krone und freien, höchsten, oben lose verklebten Staubfäden. Die Frucht ist gewöhnlich eine zwei- oder mehrfächerige mit Klappen oder Löchern aufspringende Kapsel. Die meisten Arten sind Kräuter mit Milchsaft. Die Gattungen Campanula, Specularia, Phyteuma und Jasione sind bei uns vertreten, einige Arten von Campanula, besonders Campanula rotundifolia, C. patula sind überall häufig.

Die **Lobeliaceen** schliessen sich im Blüthenbau der vorigen Familie an, aber die Blumenkrone ist zygomorph, meist zweilippig. Die fünf Staubblätter sind mit ihren Antheren zu einer Röhre verwachsen. Die Frucht ist meist eine zweifächerige Kapsel, seltener eine Beere.

In Deutschland ist die Familie nur durch eine einzige seltene Art der Gattung Lobelia vertreten. Ausländische Arten derselben Gattung werden als Zierpflanzen gezogen. Die in Canada und Virginien heimische Lobelia inflata liefert das officinelle Lobelienkraut, Herba Lobeliae.

Die **Cucurbitaceen** haben meist eingeschlechtliche, aktinomorphen Blüthen. Die Kreise sind fünfzählig, die Staubblätter sind meist zu drei Filamenten verwachsen, welche zusammen fünf gekrümmte Antheren tragen. Die Früchte sind Beeren oft von beträchtlicher Grösse. Die meisten Arten sind kletternde Kräuter mit Ranken. Einheimisch ist nur die Gattung Bryonia mit zwei nicht gerade häufigen Arten Cucurbita Pepo, der Kürbis, Cucumis sativa, die Gurke, C. Melo, die Melone, und C. Citrullus, die Arbutus, werden ihrer Früchte wegen in Gärten cultivirt. Officinell sind die Koloquinthen, Fructus Colocynthis, von Citrullus Colocynthis.

b) Die **Rubiinen**. Der Kelch ist blattartig, oft zum Schwinden geneigt, bisweilen auf kurze Zähne reducirt. Die Staubblätter sind auf der Krone eingefügt. Das Gynaeceum bildet einen mehrfächerigen Fruchtknoten mit einer oder mit mehreren zweizeilig geordneten Samenanlagen in jedem Fach.

Familien: Rubiaceae, Caprifoliaceae.

Die **Rubiaceen** haben aktinomorphen Blüthen mit vier- oder fünfzähligen Kreisen und mit zwei verwachsenen Fruchtblättern. Die Familie umfasst Bäume, Sträucher und Kräuter. Neben den einfachen, decussirt stehenden Blättern, stehen Nebenblätter, die oft den Blättern gleich sind und dann mit diesen mehrzählige Scheinquirle bilden. Die Mehrzahl der Arten gehört der warmen Zone an. Man unterscheidet drei Unterfamilien.

1. Stellatae. Die Nebenblätter sind blattartig. Die Fruchtfächer sind einsamig. Gattungen: Galium, Asperula, Sherardia, Rubia.
2. Coffeae. Die Nebenblätter sind schuppenförmig. Die Fruchtfächer sind einsamig. Gattungen: Coffea, Psychotria, Cephaelis.
3. Cinchoneae. Die Nebenblätter sind schuppenförmig. Die Frucht ist vielsamig. Gattungen: Cinchona, Uncaria.



Figur 308.

Asperula arvensis.

Die Stellaten sind Kräuter, deren genannte Gattungen sämtlich bei uns vertreten sind. Häufiger vorkommende Arten sind *Galium Mollugo*, *G. verum*, *Asperula odorata*, *Sherardia arvensis*. Als Vertreter der zweiten Unterfamilie mögen genannt sein *Coffea arabica*, der Kaffeebaum, dessen Kultur im ganzen Tropengürtel verbreitet ist und *Cephaelis Ipecacuanha*, deren Wurzel als Brechwurzel *Radix Ipecacuanhae* officinell ist. Von der dritten Unterfamilie sind verschiedene *Cinchona*-Arten, besonders *C. succirubra* officinell, sie liefern die als Heilmittel wichtige Chinarinde, *Cortex Chinae*. *Uncaria Gambir* wird neben der früher erwähnten *Acacia Catechu* zur Gewinnung des officinellen Katechu, *Catechu* verwendet.

In der Familie der **Caprifoliaceen** kommen neben aktinomorphen auch zygomorphe Blüten vor. Die Organkreise sind meist fünfzählig, der Fruchtknoten ist aus mehr als zwei Fruchtblättern gebildet. Die hierhergehörenden Sträucher und Kräuter haben gegenständige Blätter ohne Nebenblätter. Sie gehören meist der nördlichen, gemässigten Zone an. Man kann zwei Unterfamilien unterscheiden.

1. **Lonicereae**. Die Krone ist röhrig oder glockig, oft zweilippig, der Griffel ist fadenförmig. Gattungen: *Lonicera*, *Diervillea*, *Linnaea*, *Symphoricarpos*.
2. **Sambuceae**. Die Krone ist radförmig. Der Fruchtknoten trägt drei bis fünf sitzende Narben. Gattungen: *Viburnum*, *Sambucus*, *Adoxa*.

Häufiger vorkommende einheimische Arten sind *Lonicera Xylosteum*, *Viburnum Opulus*, *Sambucus nigra*. — Als Ziersträucher werden angepflanzt verschiedene Arten von *Lonicera*, ferner *Diervillea rosea*, *Symphoricarpos racemosus*, *Viburnum Opulus*, *Sambucus nigra*. — Officinell sind die Hollunderblüthen, *Flores Sambuci* von *Sambucus nigra*.

c) Die **Aggregaten**. Der Kelch ist reducirt und wird oft erst zur Fruchtzeit als Pappus deutlich sichtbar. Das Androeceum ist der Krone eingefügt, das Gynaeceum besteht meist aus zwei Fruchtblättern. Der Fruchtknoten enthält stets nur eine Samenanlage.

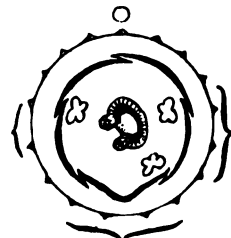
Familien: *Valerianaceae*, *Dipsaceae*, *Compositae*.

Die Blüten der **Valerianaceen** sind asymmetrisch, die Zahl der Staubblätter schwankt zwischen eins und vier. Der dreiblättrige Fruchtknoten enthält eine hängende Samenanlage. Meist stehen zahlreiche Blüten in einem rispig cymösen Blütenstande. Einheimische Vertreter sind unter anderen *Valeriana officinalis*, *V. dioica*, *Valerianella olitoria* und *V. dentata*. Der Wurzelstock von *Valeriana officinalis* ist unter dem Namen Baldrianwurzel, *Radix Valerianae*, officinell.



Figur 310.

Diagramm einer Röhrenblüte der Compositen.



Figur 309.

Valeriana officinalis.

Die Blüten der **Dipsaceen** sind median zygomorph mit fünfzähligen Kreisen. Unterhalb des Kelches ist an der Blüte ein Aussenkelch vorhanden. Durch Fehlschlagen des hinteren Staubblattes ist das Androeceum viergliedrig. Die zwei median gestellten Fruchtblätter schliessen eine hängende Samenanlage ein. Die Blüten sind in Köpfchen mit besonderem Involucrum zusammengestellt. Einheimische Gattungen sind: *Dipsacus*, *Knautia*, *Succisa*, *Scabiosa*. *Knautia arvensis*, *Succisa pratensis* und *Scabiosa columbaria* kommen häufiger vor. *Dipsacus Fullonum*, die Weberkarde, wird hier und da angebaut und bei der Tuchweberei technisch verwerthet. *Scabiosa atropurpurea* ist Gartenzierpflanze.

Die Blüten der **Compositen** sind entweder gänzlich

ohne Kelch oder der Kelch bildet einen Pappus. Die Krone ist entweder aktinomorph und röhrig oder median zygomorph und dann meist zungenförmig, seltener zweilappig. Die Staubblätter bilden mit ihren seitlich verbundenen Antheren eine Röhre, welche den mit zwei Narben versehenen Griffel umhüllt. Die anatrophe Samenanlage steht aufrecht. Die Blüten stehen in Köpfchen mit Involucrum. Die zahlreichen Gattungen gruppieren sich nach dem Bau der Köpfchen in drei Unterfamilien:

1. *Tubuliflorae*. Die Köpfchen enthalten nur Röhrenblüthen oder daneben am Rande noch Zungenblüthen. Wichtigste Gattungen: *Eupatorium*, *Tussilago*, *Petasites*, *Aster*, *Bellis*, *Erigeron*, *Solidago*, *Dahlia*, *Inula*, *Pulicaria*, *Xanthium*, *Bidens*, *Helianthus*, *Filago*, *Gnaphalium*, *Helichrysum*, *Artemisia*, *Tanacetum*, *Achillea*, *Anthemis*, *Chrysanthemum*, *Matricaria*, *Senecio*, *Cineraria*, *Arnica*, *Calendula*, *Cnicus*, *Cirsium*, *Carduus*, *Onopordon*, *Lappa*, *Carlina*, *Centaurea*, *Carthamus*.
2. *Liguliflorae*. Die Köpfchen enthalten nur Zungenblüthen. Gattungen: *Lapsana*, *Cichorium*, *Hypochoeris*, *Tragopogon*, *Scorzonera*, *Leontodon*, *Taraxacum*, *Lactuca*, *Sonchus*, *Crepis*, *Hieracium*.
3. *Labiatiflorae*. Diese Abtheilung ist in der einheimischen Flora nicht vertreten, hauptsächlich wird dieselbe von südamerikanischen Holzgewächsen gebildet.

Alle genannten Gattungen kommen in mehr oder minder zahlreichen Arten in Deutschland vor: überall gemein sind *Tussilago*, *Farfara*, *Bellis perennis*, *Filago arvensis*, *Gnaphalium uliginosum*, *Artemisia vulgaris*, *Achillea millefolium*, *Anthemis arvensis*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Senecio vulgaris*, *S. Jacobaea*, *S. vernalis*, *Cirsium lanceolatum*, *C. arvense*, *C. oleraceum*, *Carduus nutans*, *Lappa tomentosa*, *Centaurea Jacea*, *C. Cyanus*, *Cichorium Intybus*, *Taraxacum officinale*, *Sonchus oleraceus*, *Crepis biennis*, *C. virens*, *Hieracium pilosella*, *H. murorum*, *H. umbellatum*.

Als Zierblumen werden in Gärten gezogen verschiedene Arten von *Aster*, *Dahlia variabilis*, *Helianthus annuus*, *Chrysanthemum*-Arten, *Cineraria hybrida* u. a. m. — Kuchengewächse sind *Scorzonera hispanica*, die Schwarzwurzel; *Cichorium Endivia*, die Endivie, und *Lactuca sativa*, der Salat. — Die Knollen von *Helianthus tuberosus*, Topinambur, werden als Viehfutter verwendet. Die Wurzeln von *Cichorium Intybus* liefern das bekannte, als Cichorie oder deutscher Kaffee bezeichnete, schlechte Kaffeesurrogat. — Officinell sind: Huflattichblätter, *Folia Farfarae* von *Tussilago Farfara*; Wermut, *Herba Absinthii* von *Artemisia Absinthium*; Wurmsamen, *Flores Cinae* von *Artemisia maritima*; Kamillen, *Flores Chamomillae* von *Matricaria Chamomilla*; Arnikablüthen, *Flores Arnicae* von *Arnica montana*; Cardobenediktenkraut, *Herba Cardui benedicti* von *Cnicus benedictus*; Löwenzahn, *Radix Taraxaci cum herba* von *Taraxacum officinale*.

Register.

	Seite		Seite		Seite
Abgerundet	48	Ajuga	316	Andromeda	314
Abies	284	Akonitknollen	299	Andropogon	291
Abietaceen	284	aktinomorph	62	Androsace	314
Acacia	313	Alchemilla	312	Anemone	299
Acanthaceen	316	Aldrovandia	301	Anemoneen	299
Acer	306	Aleuron	84. 91	Anethum	309
Acerineen	305	Algen	241	Aneureen	270
Achäne	78	Alisma	293	Angelica	309
Achillea	320	Alismaceen	293	Angelicawurzel	309
Achlya	257	Allium	287	Angiopteris	277
Achse	31	Allosorus	279	Angiospermen	59
Achselknospe	11	Alnus	294	Angiospermenblüthe	59
Aconitum	299	Aloë	287	Anis	309
Acorus	288	Alpinia	292	Anisocarpen, epigyne	317
Acrasieen	253	Alsine	297	— hypogyne	315
Acrocarpen	274	Alsineen	297	Annonaceen	298
Acrogynen	270	Alsophila	279	Annulus	228. 273
Acrosticheen	279	alternirend	12. 62	Anthemis	320
Acrostichum	279	Althaea	302	Anthere	70
Actaea	299	Alyssum	300	Antheridien	221
acyklisch	61	Amanita	263	Anthoceros	270
Adiantum	279	Amarantaceen	297	Anthoceroten	269
Adonis	299	Amaryllidaceen	287	Anthoxanthum	291
adossirt	75	Amentaceen	294	Anthriscus	309
Adoxa	319	amitotisch	87	Anthurium	288
Adventivpross	11	Ampelideen	307	Anthyllis	312
Adventivwurzel	7. 21	Ampelopsis	307	Antiaris	295
Aecidium	261	Ampfer	296	Antipoden	234
Aegopodium	309	Amphigastrien	270	Apfelbaum	312
Aehre	76	Amygdalae	312	Aphanocyclier	298
Aesculinen	305	Amylum	89	Apium	309
Aesculus	306	Anacamptis	292	apocarp	72
Aethalium	255	Anacardiaceen	305	Apocynaceen	317
Aethusa	309	Anacrogynen	270	Apogamie	239
Agar-Agar	252	Anagallis	314	Apophyse	273
Agaricineen	262	Ananas	288	Apothecium	259
Agaricus	263	Anatomie	83	Apposition	92. 183
Aggregaten	319	anatrop	74	Aprikose	312
Aggregatplasmodium	253	Anchusa	315	Aquifoliaceen	306
Agrimonia	312	Andira	313	Aquilegia	299
Agrostemma	297	Andreaea	273	Arabis	300
Agrostis	291	Andreaeaceen	273	Araceen	288
Ahorn	306	Androeceum	60. 69	Araliaceen	309

	Seite		Seite		Seite
Araucariaceen	284	Augpunkt	212	Bewegungsvermögen	292
Arbuse	318	Auricularia	262	Bibernellwurzel	309
Archangelica	309	Auricularieen	262	bicollateral	125
Archegoniaten	224	ausgerandet	48	Bidens	320
Archegonium	224	ausgeschweift	47	Bierhefe	258
Archiespor	228	Ausläufer	38	bifacial	120
Archidiaceen	273	Ausscheidung tropfbaren		Bignoniaceen	316
Arctostaphylos	314	Wassers	155	bilateral	16
Arcyria	254	Aussenkelch	75	Bildung der Eiweissstoffe	162
Areen	288	Aussenrinde	119	— der Fette	162
Arenaria	297	Auxanometer	191	— d. Kohlehydrate	158
Arillus	80	Auxosporen	245	Bildungsgewebe	99
Aristolochia	303	Avena	291	Bilsenkraut	316
Aristolochiaceen	303	Azalea	314	Biota	284
Armeria	314	Azygosporen	256	Birke	294
Armoracia	300			Birnbaum	312
Arnica	320	Bacillus	244	Bitterklee	317
Arnicablüthen	320	Bacteriaceen	244	Bixaceen	301
Arrow-root	292	Balanophoraceen	303	Blatt	10
Artemisia	320	Baldrianwurzel	319	Blattbasis	48
Artocarpeen	295	Balgfrucht	78	Blattdornen	53
Artocarpus	295	Ballota	316	Blätterschwämme	262
Arum	288	Balsamea	305	Blattfläche	42
Asa foetida	309	Balsamineen	304	Blattgrün	87
Asant	309	Balsamum Copaivae	313	Blattgrund	39
Asarum	303	— peruvianum	313	Blattnerven	40
Asclepiadeen	317	— toltanum	313	Blattrand	47
Askolichenen	264	Bambusa	291	Blattranken	52
Askomyceten	257	Bananen	291	Blattscheide	40. 50
Aaskosporen	213. 257	Bangiaceen	251	Blattspitze	48
Askus	213. 257	Barbarea	300	Blattspreite	40
Asparagin	162	Barbula	274	Blattspur	123
Asparagus	287	Bärentraubenblätter	314	Blattspurstrang	123
Asperifoliaceen	315	Bartflechte	265	Blattstellung	12
Asperula	318	Basidie	215. 260	Blattstiel	40. 49
Asphyxie	147	Basidiensporen	260	Blattsucculenten	54
Aspidieen	279	Basidiolichenen	264	Blatttute	51
Aspidium	279	Basidiomyceten	260	Blechnum	279
Asplenieen	279	Bastard	238	Blüthe	59
Asplenium	279	Bastardirung	238	Blüthenachse	65
Assimilation	158	Bastfasern	125	Blüthenformel	63
Assimilationsgewebe	119	Bastparenchym	125	Blüthenhülle	59. 66
Aster	320	Batrachospermum	251	Blüthenstand	76
Astragalus	318	Baum	32	Blüthenstaub	70
Astrantia	309	Baumwolle	303	Blüthenstiel	65
Athemhöhle	111	Beere	79	Blüthentheile	59
Athemwurzeln	26	Beggiatoa	244	Bocksbornsamen	313
Athmung	177	Begonia	310	Boehmeria	296
Athyrium	279	Begoniaceen	310	bogennervig	41
Atrichum	276	Belladonnablätter	316	Boletus	262
Atriplex	297	Bellis	320	Borke	118
Atropa	315	Benzoë	314	Botrychium	278
Attractionsphäre	86	Berberidaceen	298	Botrydiaceen	268
Aufnahme der Kohlen-		Berberis	298	Botrydium	268
säure	153	Berula	309	Bovista	263
— der Nährsalze	153	Beta	297	Brandpilze	260
— organischer		Betula	294	Brassica	300
Nährstoffe	165	Bewegung des Zellen-		Brechmass	317
aufrecht	74	plasmas	203	Brechwurzel	319

	Seite		Seite		Seite
Brefeldiaceen	254	Capillitium	253. 263	Chemotropismus	202
Brennhaare	115	Capparideen	299	Chenopodiaceen	297
Brennnessel	296	Capsella	300	Chenopodinen	297
Bromeliaceen	288	Capsicum	315	Chenopodium	297
Brosimum	295	Caragana	313	Chinarinde	319
Broussonetia	295	Cardamine	300	Chlorophyceen	247
Bruchiaceen	273	Cardamomen	292	Chlorophyll	87
Brutknöllchen	216	Cardinalpunkte	142	Chlorophyllfarbstoff	88
Brutknospen	38. 215	Cardobenediktenkraut	320	Chlorophyllkörper	87
Brutzwiebeln	216	Carduus	320	Chondrus	251
Bryaceen	275	Carex	290	Choripetal	68
Bryineen	273	Cariceen	290	Choripetalen	294
Bryonia	318	Carlina	320	Chromatophor	84, 87
Bryophyten	268	Carnosen	286	Chromoplasten	88
Bryopsidaceen	248	Carpoasci	258	Chroococcaceen	242
Bryum	275	Carpell	60. 72	Chroococcus	242
Buche	294	Carpinus	294	Chrysanthemum	820
Buchweizen	297	Carrageen	251	Chrysarobin	313
Bulbus Scillae	287	Carthamus	320	Chrysosplenium	310
Bunias	300	Carum	309	Chytridiaceen	256
Bupleurum	309	Carunkel	80	Cibotium	279
Burmanniaceen	292	Caryophyllaceen	297	Cichorie	320
Burseraceen	305	Caryophylli	311	Cichorium	320
Buxaceen	307	Caryophyllinen	297	Cicuta	309
Buxbaumiaceen	274	Carscarillrinde	308	Cinchona	318
Cacaobaum	302	Cassia	313	Cinchoneen	318
Cacaobutter	302	Castanea	294	Cineraria	320
Cactaceen	310	Casuarinaceen	294	Cinnamomum	298
Caesalpiniaceen	313	Catechu	313. 319	Circaea	310
Caladium	288	Caucalis	309	Circulation	85
Calamintha	316	Caulerpa	248	Circumnutation	187
Calamus	289	Celastraceen	306	Cirsium	320
Calciumoxalat	92	cellulär	83	Cistaceen	301
Calendula	320	Cellulose	93	Cistifloren	301
Calla	288. 289	Centaurea	320	Citronenbaum	305
Callitrichaceen	308	Centralkörper	86	Citronenschale	305
Callitriche	308	Centralplacenta	73	Citrullus	318
Calluna	314	centrisch	121	Citrus	305
Callus	104	Centrosomen	86	Cladonia	265
Caltha	299	Centrospermen	296	Cladoniaceen	265
Calycanthaceen	298	Cephaelis	318	Cladophora	249
Calycifloren	308	Cerastium	297	Cladophoraceen	249
calycinisch	69	Ceratodon	274	Cladotrichaceen	244
Calyx	60	Ceratomyxaceen	254	Cladotrix	244
Cambium	127	Ceratophyllaceen	295	Clatroptychiaceen	254
Cambiumring	128	Ceratosamia	283	Clavaria	262
Camelina	300	Cereus	310	Clavariaceen	262
Camellia	301	Ceterach	279	Claviceps	258
Campanula	318	Cetraria	265	Cleistocarpin	273
Campanulaceen	318	Chaerophyllum	309	Clematis	299
Campanulinen	317	Chaetocladiaceen	256	Closterium	244
Camphora	298	Chaetocladium	256	Clusiaceen	301
Campylospermen	309	Chaetophoraceen	249	Cnicus	320
camyotrop	74	Chalaza	74	Cocain	305
Cannabineen	295	Championn	263	Coccaceen	243
Cannabis	295	Chara	252	Cocconeideen	246
Cannaceen	292	Characeen	252	Cochlearia	300
Cantharellus	263	Cheiranthus	300	Cocos	289
		Chelidonium	300	Codiaceen	248

	Seite		Seite		Seite
Codonieen	270	Cotoneaster	311	Deckblatt	11. 61. 74
Coelospermen	309	Cotyletonen	5	Deckelkapsel	78
Coenogoniaceen	266	Crassulaceen	309	Deckschuppe	284
Coenogonium	266	Crataegus	311	Deckspelze	291
Coffea	318	Craterellus	262	decussirt	12
Coffeen	318	Crepis	320	Delphinium	299
Coffeinum	301	Cribrariaceen	254	Dermatogen	100
Colchicum	287	Crocus	287	Desmidiaceen	244
collateral	125	Croton	308	Deutzia	310
Collema	266	Crotonöl	308	Diagonalebene	62
Collemaceen	266	Crucibulum	263	Diagramm	63
Collenchym	102	Cruciferen	300	Dianthus	297
Coleochaete	250	Cryptonemiaceen	251	diarch	126
Coleochaeteen	250	Cubeba	295	Diatoma	246
Colocasia	288	Cucumis	318	Diatomaceen	246
Colombowurzel	298	Cucurbita	318	Dichasium	9
Colophonium	285	Cucurbitaceen	318	Dichogamie	236
Columella	226	Cuminum	309	Dichopsis	314
Columniferen	302	Cupressaceen	283	Dichotomie	8
Colutea	313	Cupressus	284	Dickenwachsthum, scun-	
Comarum	312	Cupuliferen	294	däres	127
Combretaceen	310	Curcuma	292	Dicksonia	279
Commelinaceen	288	Cuscuta	315	diclin	60
concentrisch	125	Cutikula	109	Dicotyledonen	6. 293
Conceptaculum	221	Cutleriaceen	250	Dicranella	274
Conifervaceen	249	Cyanophyceen	242	Dicranum	274
Conidien	211	Cyathea	279	Dictamnus	305
Conidienbildung	214	Cyatheaceen	278	Dictyosteliaceen	254
Coniferen	283	Cyathium	307	Didymiaceen	254
Conjugaten	244	Cycadeen	283	Diervillea	319
Conium	309	Cycas	283	Digitalis	316
Connectiv	70	Cyclamen	314	Dill	309
Contorten	317	Cyclotella	246	Dilleniaceen	301
Convallaria	287	Cydonia	311	dimer	61
Convolvulaceen	315	cyklisch	61	diöcisch	61
Convolvulus	315	Cymbellaceen	246	Dionaea	301
Copaifera	313	cymös	9	Dioscoraceen	286
Copaivabalsam	313	Cynoglossum	315	Diosmose	173
Cora	267	Cyperaceen	290	Diospyrinen	314
Coralliorhiza	293	Cyperus	290	Diospyros	314
Coriandrum	309	Cypripedium	292	Diplacium	279
Cornaceen	309	Cystolithen	95	Diplomitrien	270
Cornus	309	Cystopteris	279	diplostemon	71
Corolla	60	Cystopus	257	Dipsaceen	319
corollinisch	69	Cytisus	312	Dipsacus	319
Corpusculum	230			Dipterocarpaceen	302
Correlation	195	Dacryomycetaceen	262	Discolichenen	264
Corrigiola	297	Dahlia	320	Discomyceten	259
Cortex Aurantii Fructus	305	Dammara	284	Diskus	66
— Cascarillae	308	Dammarharz	284. 302	Distichiaceen	274
— Chinae	319	Danaea	277	Divergenz	13
— Cinnamomi	298	Daphne	311	Döldchen	77
— Citri Fructus	305	Dasycladaceen	248	Dolde	77
— Frangulae	307	Datisceaceen	310	Doppelachänium	79
— Granati	311	Datura	315	Dorema	309
— Quillaiae	312	Datureen	315	Dornen	39. 53
Corydalis	300	Daucus	309	dorsiventral	16
Corylus	294	Davallia	279	Dorstenia	296
Cosmarium	244	Davallieen	279	Draba	300

	Seite		Seite		Seite
Dracaena	287	Ephebe	267	Faulbaumrinde	307
dreiaehsig	32	Epheben	267	Fegatella	269
Drosera	301	Ephedra	285	Feigenbaum	296
Droseraceen	301	Ephemereen	273	Fenchel	309
Drüsenhaare	114	Epheu	309	Ferula	309
Dryas	312	Equisetaceen	280	Festigungsgewebe	121
Durchlasszellen	127	Equisetinen	280	Festuca	291
Durchlüftungssystem	107	Equisetum	281	Feuerzunder	262
durchwachsen	51	Erdbeere	312	Ficus	295
Ebenaceen	314	Erfrieren	152	fiederförmig gelappt	45
Ebenholz	314	Erica	314	fiedernervig	41
Echinocactus	310	Ericaceen	313	fiederschnittig	45
Echium	315	Ericen	314	fiederspaltig	45
Ectocarpaceen	250	Ericinen	313	fiedertheilig	45
Ectocarpus	250	Erigeron	320	Filago	320
Edelkastanie	294	Eriocaulaceen	288	Filament	69
Eibenbaum	285	Eriophorum	290	Filices	278
Eibischblätter	302	Erle	294	Filicinen	277
Eibischwurzel	302	Ernährung	148	Fingerhutblätter	316
Eiche	294	Erodium	304	Fissidens	274
Eigenwärme	143	Eryngium	309	Fissidentaceen	274
einachsig	32	Erysimum	300	Flachs	304
einfach	45	Erysiphe	258	Flachspross	36
einfächerig	72	Erythraea	317	Flechten	264
einfürchtig	72	Erythroxyllaceen	305	Flieber, spanischer	317
eingeschlechtig	60	Erythroxyton	305	Fliegenpilz	263
eirund	47	Esche	317	Fliegenschimmel	256
Eisbildung	144	Espe	295	Flores Arnicae	320
Elaeagnaceen	311	Etiollement	144	— Chamomillae	320
Elaeagnus	311	etiolirte Pflanzen	144	— Ciniae	320
Elateren	226. 268	Euastrum	244	— Koso	312
Elettaria	292	Eucyclier	303	— Lavandulae	316
eliptisch	47	Eugenia	311	— Malvae	302
Elodea	293	Eupatorium	320	— Rosae	312
Embryo	4. 79	Euphorbia	307	— Sambuci	319
Embryofuss	227	Euphorbiaceen	307	— Tiliae	302
Embryosack	74	Euphorbium	308	— Verbasci	316
Embryosackkern	234	Euphrasia	316	Florideen	251
Emericella	268	Eurotium	258	Flugbrand	260
Empetraceen	307	Eusporangiaten	277	Flügel	68
Empusa	256	Evernia	265	Foeniculum	309
Encephalartos	283	Evonymus	306	Folia Althaeae	302
Endivie	320	Exoasci	258	— Belladonnae	316
Endocarp	77	Exoascus	258	— Digitalis	316
Endocarpaceen	267	Exocarp	77	— Farfarae	320
Endodermis	126	exogen	7	— Hyoscyami	316
endogen	7	extrastaminal	66	— Jaborandi	305
Endosperm 4. 79. 230. 235		extors	70	— Juglandis	295
Energide	83	Fächel	9	— Malvae	302
Entomophthoreen	256	Fadenflechten	266	— Melissae	316
Entwicklung des Blattes	39	Fagus	294	— Menthae piperitae	316
Enzianwurzel	317	Fahne	68	— Nicotianae	316
Epidermis	108	Falcaria	309	— Salviae	316
Epidermiszellen	109	Farinosen	288	— Sennae	313
epigyn	66	Farne	278	— Stramonii	316
Epilobium	310	Farnsporangium	228	— Trifolii fibrini	317
Epipactis	292	Fascicularcambium	128	— Uvae Ursi	314
Epithelzelle	107	Faserwurzeln	21	Fontinalaceen	276
				Fontinalis	276

	Seite		Seite		Seite
Fortpflanzung	208, 209	gamopetal	68	Gnapthium	320
— geschlechtliche	217	ganzrandig	47	Gnetaceen	285
— ungeschlechtliche	211	Garcinia	302	Gnetum	285
— d. Angiospermen	231	Gardeniaceen	318	Goldlack	301
— d. Archegoniaten	224	Gartenkresse	301	Gomphonema	246
— d. Thallophyten	217	Gastrolichenen	268	Gonidien	264
Formbestandtheile der		Gastromyceten	263	Gonium	247
Gewebe	101	Geaster	263	Gossypium	302
Fossombronia	270	Gefäss	103	Gossypium depuratum	303
Fragaria	312	Gefässbündel	123	Gramineen	290
Fragillariaceen	246	Gefässbündelnetz	123	Granatrinde	311
Fragmentation	211	Gefässbündelstrang	123	Graphideen	266
Frangulinen	306	Gefässbündelverlauf	123	Graphis	266
Fraxinus	317	Gefässkryptogamen	277	Griffel	72
freie Ortsbewegung	202	Gefässtheil	125	Grimmia	274
freie Zellbildung	97	gefiedert	46	Grimmiaceen	274
Fritillaria	287	gefingert	46	grosse Periode	182
Froschbiss	293	geflügelt	49	Gruinalen	303
Frucht	77	gegliederte Milchröhren	106	Grundgewebe	119
Fruchtblätter	60	Gehüllfinnen	234	Grundspirale	12
Fruchtknoten	60, 72	gekammert	72	Guajakholz	305
Fruchtwand	77	gekerbt	47	Gummi arabicum	313
Fructus Anisi	309	Geleitzellen	104	Gummigutt	302
— Aurantii	305	generative Zelle	230, 233	Gurke	318
— Capsici	316	genetische Spirale	12	Guttapercha	314
— Cardamomi	292	Genista	312	Gutti	302
— Carvi	309	Gentiana	317	Guttulinaceen	254
— Colocynthis	318	Gentianeen	317	Gynadenia	292
— Foeniculi	309	Geocalyceen	271	Gymnoasci	258
— Juniperi	284	Geotropismus	197	Gymnogramme	279
— Lauri	298	Geraniaceen	304	Gymnospermen	59, 283
— Papaveris	300	Geranium	304	Gynaeceum	60, 72
— Rhamni	307	Gerbstoffschlauch	106	Gynandrier	292
— Vanillae	293	gesägt	47	Gynostemium	72
Frullania	271	geschlossene Bündel	127	Gypsophila	297
Fucaceen	251	Gesneraceen	316		
Fuchsia	311	gestutzt	48	Haarbildungen	112
Fucus	251	Geum	312	Haare	112
Fumaria	300	Gewebe der gefässlosen		Haarschopf	67
Fumariaceen	300	Pflanzen	138	Haarwurzeln	29
Funaria	275	Gewebelehre	99	Haemodoraceen	286
Funariaceen	275	Gewebespannung	186	Haftorgane der Meeres-	
Fungus Chirurgorum	262	Gewebesystem	108	algen	30
Funiculus	74	Gewürzllilien	291	Haftwurzeln	24
Fusionsplasmodium	253	Gewürznelken	311	Hagebutte	79, 311
fussförmig	46	gezähnt	47	Hagenia	312
		Gichtschwamm	263	Hainbuche	294
Gabelige Dichotomie	10	Gigartina	251	Hakenklimmer	35
Galanthus	287	Gigartinaceen	251	Halbstrauch	32
Galbanum	309	Gleba	263	halbunterständig	66
Galeobdolon	316	Glechoma	316	Hallimasch	263
Galeopsis	316	Gleicheniaceen	278	Haloragidaceen	311
Galgantwurzel	292	gleitendes Wachsthum	186	Hamamelideen	309
Galium	318	Glitschbewegung	85	handförmig gelappt	46
Gallae	295	Globoid	91	handförmig geschnitten	46
Galläpfel	295	Gloeocapsa	242	handnervig	41
Gallertflechten	266	Glumifloren	290	handspaltig	46
Gameten	217	Glycine	313	handtheilig	46
Gametencopulation	218	Glycyrrhiza	313	Hanf	296

	Seite		Seite		Seite
hängend	47	Hoftüpfel	93	Ingwer	292
hapaxanthisch	208	Holcus	291	Initialen	100
Haplolaeneen	270	Hollunderblüthen	319	innere Haare	116
haplostemon	71	Holosteum	297	Insektivoren	166
Harriegel	309	Holz	129	Insertion	11
Harzgang	107	Holzfasern	125	Integument	74
Haselstrauch	294	Holzparenchym	125	intercalar	39
Haselwurz	303	Holztheer	285	Intercellularräume	106
Hauhechelwurzel	313	homoeomer	266	Interfascicularcambium	128
Hausschwamm	262	Hookeriaceen	276	Internodien	11
Haustorien	28	Hopfen	296	intramolekulare Athmung	179
Hautgewebe	108	Hordeum	291	intrastaminal	66
Hauptpilze	262	Hormogonien	211	intrors	70
Hedera	309	Huflattichblätter	320	Intussusception	92. 183
Hefepilze	257	Hühnerdarm	297	Inula	320
Helecocharis	290	Hüllspelze	291	Inulin	90
Helianthus	320	Hülse	78	Involucrum	75. 270
Helichrysum	320	Humulus	295	Johannisbeere	310
Heliosciadium	309	Hyacinthus	287	Ipomoea	315
Heliotropismus	199	hyalin	212	Iridaceen	287
Helleboreen	299	Hybridation	238	Iris	287
Helleborus	299	Hydnaceen	262	Isatis	300
Helobier	293	Hydnum	262	Isländisches Moos	265
Helvella	259	Hydrastis	299	Isocarpen	313
Hemiasci	257	Hydrastiswurzel	299	Isoëtaceen	282
Hemibasidier	260	Hydrocharitaceen	293	Isoëtes	282
hemicyklisch	61	Hydrocotyle	309	isogam	217
Hemitelia	279	Hydrodictyaceen	247	isolateral	181
Hepatica	299	Hydrodictyon	248	isomer	61
Hepaticae	268	Hydropteriden	279	Isonandra	314
herablaufendes Blatt	52	Hydrotropismus	201	isospor	281
Heracleum	309	Hylacomium	277	Jubuleen	271
Herba Absinthii	320	Hymenium	258	Judasohr	262
— Cardui benedicti	320	Hymenogastraceen	264	Juglandaceen	295
— Centaurii	317	Hymenolichenen	267	Juglans	295
— Cochleariae	301	Hymenomyceten	262	Julifloren	294
— Conii	309	Hyemenophyllaceen	278	Juncaceen	290
— Lobeliae	318	Hymenophyllum	278	Juncagineen	293
— Meliloti	313	Hyoscyamus	315	Juncus	290
— Serpylli	316	Hypericaceen	301	Jungermannia	271
— Thymi	316	Hypericum	301	Jungermanniaceen	270
— Viola tricoloris	301	Hypnaceen	276	Jungermannieen	271
Herbstzeitlose	287	Hypnum	276	Juniperus	283
Herkunft der Nährstoffe	149	Hypochoeris	320	K affeebaum	319
Herniaria	297	hypocotyles Glied	5	Kaffee, deutscher	320
herzförmig	49	Hypoderm	108	Kalmuswurzel	289
Heterocysten	242	hypogyn	65	Kamala	308
heteromer	265	Jaborandiblätter	305	Kamillen	320
Heterophyllie	45	Jahresringe	132	Kampher	298
heterospor	282	Jahresringbildung	132	Kapsel	78
Heterostylie	237	Jalappenknollen	315	Karpogon	223
Hieracium	320	Jasione	318	Karposporen	224
Hilus	80	Jateorhiza	298	Kartoffel	315
Himbeere	312	Idioblast	123	Karyokinese	87
Himbeersirup	312	Ilex	306	Karyopse	77
hinten	62	Imbibition	171	Katechu	313. 319
Hippocrataceen	306	Impatiens	304	Kaulfussia	277
Hippophaë	311	Imperatoria	309	Kautschuk	308
Hochblätter	57. 74	Indusium	228		

	Seite		Seite		Seite
keilförmig	47	Labiaten	316	Lichineen	267
Keimwurzel	5	Labiatifloren	316. 320	Licht	144
Kelch	60. 66	Lactuca	320	Lichtausgabe d. Pflanzen	144
kelchartig	69	Lagerpflanzen	241	Lichtbedürfnis d. Pflanzen	144
Kelchstamina	71	Laminaria	251	Liebstöckelwurzel	309
Kerbel	309	Laminariaceen	250	Lignin	94
Kerngerüst	85	Lamium	316	Lignum Sassafras	298
Kernkörperchen	85	länglich	47	— Guajaci	305
Kernmembran	85	längsschnitt	130	— Quassiae	305
Kernplatte	87	Langtriebe	32	Ligula	50. 68. 262
Kernsegment	87	lanzettlich	47	Ligulargebilde	68
Kernspindel	87	Lappa	320	Ligulifloren	320
Kerntheilung	86	Lapsana	320	Ligustrum	317
Kerria	312	Larix	284	Liliaceen	287
Kieselskelett	95	Laserpitium	309	Lilieen	287
Kirsche	312	Lathraea	316	Liliifloren	286
Kirschairup	312	Lathyrus	312	Lilium	287
Kleistogam	238	Laubblätter	39	Limnanthaceen	304
Kletterhaken	35	Laubflechten	265	Linnæa	319
Kletterpflanzen	34	Laubmoose	271	Linaria	316
Klimmhaare	114	Laudea	267	Linde	302
Klinostat	198	Lauraceen	298	Lindenblüthen	302
Knautia	319	Lavandula	316	lineal	47
Knolle	25. 37	Lavendelblüthen	316	Linum	304
Knospenschuppen	56	Lebensdauer	208	Lippenblüthe	69
Knoten	11	Lebermoose	268	Lithospermum	315
Knötterich	296	Lecanora	266	Loasaceen	310
Koffein	301	Lecanoraceen	266	Lobelia	318
Kohl	300	Lecideaceen	266	Lobeliaceen	318
Kohlhernie	254	Lecothecieen	266	Lobelienkraut	318
Kohlrabi	301	Ledum	314	loculicid	78
Kokosnüsse	289	Leguminosen	312	Lodiculae	290
Kolben	76	Leindotter	301	Löffelkraut	301
Koloquinthen	318	Leinsamen	304	Loganiaceen	317
Köpfchen	77	Lejolia	251	Lolium	291
Kork	116	Lemanea	251	Lonicera	319
Korkcambium	118	Lemna	289	Lonicereen	319
Korkgewebe	116	Lemnaceen	289	Loranthaceen	303
Korkzellen	116	Lens	312	Lorbeerbaum	298
Körnchenplasma	84	Lentibulariaceen	316	Lorbeerblätter	298
Kornrade	297	Lenticellen	117	Lorbeeren	298
Kosoblüthen	312	Leontodon	320	Lotus	312
Kraftwechsel	171	Leonurus	316	Löwenzahl	390
Krameria	313	Lepidium	300	Luftblätter	44
kreisrund	47	Lepidozieen	271	Luftwurzeln	22
Kreke	312	Leptosporangiaten	277	Lungenflechte	266
Kreuzbefruchtung	236	Leptotrichaceen	244	Luzula	290
Kreuzdornbeeren	307	Leptotrix	244	Lychnis	297
kronartig	69	Leskeaceen	276	Lycium	315
Krone	60. 67	Leucobryaceen	274	Lycogala	254
Kronstamina	71	Leucobryum	274	Lycoperdaceen	263
Krustenflechten	265	Leucoplasten	88	Lycoperdon	263
Krystalle	92	Levisticum	309	Lycopodiaceen	281
Krystallloid	91	Levkoje	301	Lycopodinen	281
Krystallschlauch	106	Lianen	34	Lycopodium	281
Kubeben	295	Liceaceen	254	Lycopsis	315
Kümmel	309	Lichenen	264	Lycopus	316
Kurbis	318	Lichen islandicus	266	lysigen	106
Kurztriebe	32	Lichina	267	Lysimachia	314

	Seite		Seite		Seite
Lythraceen	311	Melosiraceen	246	Myricaceen	294
Lythrum	311	Menispermaceen	298	Myriophyllum	311
Macisöl	299	Mentha	316	Myristica	299
Maclura	296	Menyanthes	317	Myristicaceen	299
Macrocystis	251	Mercurialis	308	Myrrhe	306
Madrothea	271	Mercuripium	79	Myrrhis	309
Magnoliaceen	298	Meristem	99	Myrsinaceen	314
Majanthemum	287	Merulius	262	Myrtaceen	311
Makrosporangium	228	Mesocarp	77	Myrtifloren	310
Makrosporen	228	Mesophyle	125	Myxamöben	253
Malachium	297	Mespilus	311	Myxomyceten	253
Mallotus	308	Metamorphosierte		Myxogasteres	254
Malpighiaceen	306	Blätter	52		
Malva	302	Metzgeria	270	Nabel	80
Malvaceen	302	Metzgeriaceen	270	Nabelstrang	74
Malvenblätter	302	Micell	92. 172	Nadeln	43
Malvenblüthen	302	Micrococcus	243	Nagel	68
Mamillaria	310	Mikropyle	74	Nährgewebe	4
Mandeln	312	Mikrosporangium	228	Nährlösung	149
Manihot	308	Mikrosporen	228	Nährstoffe	148
Manna	317	Milchröhren	106	Narbe	72
männliche Blüthe	60	Milium	291	Narcissus	287
Maranta	292	Mimosa	313	Nardus	291
Marantaceen	292	Mimosaceen	313	Nasturtium	300
Marattia	277	Minimum	142	Navicula	246
Marattiaceen	277	mitotisch	87	Naviculaceen	246
Marchantia	269	mittelständig	65	Nebenblätter	50
Marchantiaceen	268	Mnium	275	Nebenkrone	68
Marchantieen	269	Mohn	300	Nebenwurzeln	6
Mark	119	Mohrrübe	309	Nebenzone	112
Markverbindungen	119	Möhringia	297	Neckera	276
Maronen	295	Monochasium	9	Neckeraceen	276
Marsilia	280	Monochlamyden	303	Nektarien	66
Marsiliaceen	280	monöcisch	61	Nemaliaceen	251
maskirt	69	monoclin	60	Nemalion	251
Matricaria	320	Monocotyledonen	6. 286	Neottia	292
Matthiola	300	monokarpisch	208	Nepenthaceen	301
Maulbeerbaum	296	monomer	161	Nervatur	40
Maximum	142	monopodial	8	Neslia	300
mechanisches System	121	Monotropa	314	Netzgefäße	104
Mediane	62	Monotropeen	314	netznervig	41
Medianebene	62	Monstera	288	nichtcellulär	88
medianzygomorph	62	Moose	268	Nicotiana	315
Medicago	312	Morchel	259	Nidulariaceen	263
Meerrettig	301	Morchella	259	Niederblätter	55
Meerzwiebel	287	Moreen	295	nierenförmig	49
Mehlthauptpilze	258	Morphologie	8	Nieswurz	287
mehrschsig	32	Morus	295	Nigella	299
mehrfährig	73	Mortierelleen	256	Nitella	252
Melampyrum	316	Mucor	255	Nostoc	242
Melandryum	297	Mucorineen	256	Nostocaceen	242
Melanthieen	287	Musa	291	Notochlaena	279
Melastomaceen	310	Musaceen	291	Nucellus	74
Meliaceen	305	Muskatnuss	299	Nuclein	85
Melilotus	312. 313	Mutterkorn	258	Nukleolus	85
Melissa	316	Mycel	30	Nuphar	299
Melissenblätter	316	Mykorrhiza	171	Nuss	77
Melone	318	Myosotis	315	Nutation	187
		Myosurus	299	Nyctaginaceen	297

	Seite		Seite		Seite
Nymphaea	299	Osmose	173	Peritheciën	254
Nymphaeaceen	299	Osmunda	279	Peronospora	257
		Osmundaceen	279	Peronosporeen	256
Obdiplostemon	71	Osterluzer	303	Persica	312
Oberblatt	39	oval	47	personat	69
Oberblätter	271	Oxalideen	304	Pertusaria	267
Oberlippe	69	Oxalis	304	Pertusariaceen	267
oberschlächtig	271			Perubalsam	313
oberständig	65	Paarig gefiedert	46	Petalen	67
Ochnaceen	301	Paeonia	299	Petasites	320
Ochrea	51	Paeonieen	299	Petersilie	309
Oedogoniaceen	249	Pallisadenparenchym	120	Petroselinum	309
Oedogonium	249	Palmen	289	Petunia	315
Oellücke	107	Pandanaceen	289	Peucedanum	309
Oelweide	311	Pandanalén	289	Peziza	259
Oelzelle	106	Pandorina	247	Pfehlwurzeln	20
Oenanthe	309	Panicoideen	291	pfeilförmig	49
Oenothera	311	Panicum	291	Pfeffer	295
offene Gefäßbündel	127	Papaver	300	Pfeffer, spanischer	316
Olea	317	Papaveraceen	299	Pfefferminzblätter	316
Oleaceen	317	Papayaceen	310	Pfifferling	263
Oleum Cacao	302	Papilionaceen	312	Pfirsich	312
— Crotonis	308	Pappus	67	Pflanzenschleim	96
— Macidis	299	parallelnervig	41	Pflaume	312
— Olivarium	317	Paraphysen	258	Phacophyceen	250
— Ricini	308	Parasiten	166	Phalaris	291
— Rosmarini	316	Parastichen	14	Phallaceen	263
Olivenöl	317	Parenchym	101	Phallus	263
Omphalaria	266	Parietaria	295	Phascaceen	273
Onagraceen	310	Paris	287	Phascum	273
Onobrychis	312	Parmeliaceen	266	Phaseolus	312
Ononis	312	Parassia	310	Phegopteris	279
Onopordon	320	Paronychieen	297	Phelloderm	118
oogam	217	Passifloraceen	310	Phellogen	118
Oogonien	221	Passiflorinen	310	Philadelphus	310
Oomyceen	256	Pastinaca	309	Phosphor	163
Oospore	217	Paukenhaut	276	Phoenix	289
Ophioglosseen	278	Payena	314	Phragmidium	261
Ophioglossum	278	Pedastrum	248	Phycomyces	256
Ophrys	292	Pedicularis	316	Phycomyceten	256
Opium	300	Pelargonium	304	Phyllisceen	267
Optimum	142	Pellia	270	Phyllocactus	310
Opuntia	310	Peltideaceen	266	Phyllocladien	35
Opuntinen	310	Peltigera	266	Phyllodium	49
Orangenbaum	305	Penicillium	258	Physalis	315
Orchideen	292	Perianth	59, 271	Physaraceen	255
Orchis	292	Perianthium	271	Physcia	266
Organographie	3	Periblem	100	Physiologie	141
Origanum	316	Pericambium	126	Phyteuma	318
Ornithogalum	287	Pericarp	77	Phytomyxinen	254
Orobanché	317	Perichaetium	271	Phytophthora	256
Orobolus	312	Periderm	116	Picea	284
Orontieen	288	Peridie	258, 263	Picraena	305
Oryza	291	Peridiolen	263	Pilacreen	260
Orthospermen	309	Perigon	60	Pilocarpus	305
Orthostichen	14	perigyn	65	Pilularia	280
Orthotrichum	274	Perisperm	80, 235	Pilzcellulose	96
orthotrop	74	Perisporiaceen	258	Pilze	252
Oscillariaceen	242	Peristom	226, 273	Pimpinella	309

	Seite		Seite		Seite
Pinguicula	316	Polypodium	279	Pyrenulaceen	267
Pinnularia	246	Polyporeen	262	Pythium	257
Pinoideen	283	Polyporus	262	Pyxidium	78
Pinus	284	Polytrichaceen	276	Quassia	305
Piper	295	Polytrichum	276	Quassiaholz	305
Piperaceen	295	Pomeen	311	Quendel	316
Piptocephalideen	256	Pomeranzen	305	Quercus	294
Piptocephalis	256	Pomeranzenschale	305	Querschnitt	130
Pirola	314	Pontederiaceen	288	Quillaia	312
Piroleen	314	Populus	295	Quirlstellung	12
Pirus	311	Poren	92	Quitte	312
Pisum	312	Porenkapsel	78	Racemös	9
Pittosporaceen	306	Porocyphoen	267	radialer Längsschnitt	130
Pix liquida	285	Potamogeton	293	radiär	15
Placenta	73	Potamogetonaceen	293	Radix Althaeae	302
Placentation	73	Potentilla	312	— Angelicae	309
Plagiochila	271	Potentilleen	312	— Colombo	298
Plantaginaceen	317	Poterieen	312	— Gentianae	317
Plantago	317	Poterium	312	— Ipecacuanhae	319
Plasmabewegung	85	Pottia	274	— Levistici	309
Plasmocarpium	255	Pottiaceen	274	— Liquiritiae	313
Plasmodiophora	254	Preissia	269	— Ononidis	313
Plasmodium	253	primäre Rinde	119	— Pimpinellae	309
Plasmolyse	176	Primordialblatt	10	— Ratanhiae	313
Platanaceen	295	Primula	314	— Rhei	296
Platanthera	292	Primulaceen	314	— Sarsaparillae	287
Platycerium	279	Primulinen	314	— Senegae	306
Platyphylleen	271	Principes	289	— Taraxaci	320
Pleiochasium	9	Procarp	223	— Valerianae	319
Plerom	100	Prosenchym	101	Radula	271
Pleuridiaceen	273	protandrisch	236	Rafflesiaceen	303
Pleurocarpen	274	Prothallium	226	Rawalina	265
Pleurococcaceen	247	Protobasidien	260	Ramalinaceen	265
Pleurococcus	247	Protococcoideen	247	Ranke	53. 187
Pleurosigma	246	protogyn	236	Ranunculaceen	299
Pleurospermum	309	protomyces	257	Ranunculus	299
Plumbaginaceen	314	Protomyceten	257	Raphanus	300
Poa	291	Protonema	225	Rapistrum	300
Poeaeideen	291	Protonema	268	Raps	301
Podetium	265	Protoplasma	84	Ratanhiawurzel	313
Podophyllinum	298	Protoplasmaströmung 95. 203		Raute	305
Podophyllum	298	Protoplasmaverbindungen 175		Receptaculum	269
Polarität	3. 195	Pruneen	312	Reizbewegung	207
Pollenkörner	70	Prunella	316	Reizerscheinungen	197
Pollensäcke	70	Prunus	312	Rennthierflechte	265
Pollenübertragung	232	Pseudoparenchym	138	Resedaceen	301
Pollinarium	70	Psychotria	318	Reservecellulose	96
polyarch	126	Pteridophyten	277	Reservestärke	88
Polycarpier	298	Pteris	279	Reservestoff behälter 37. 56	
Polyembryonie	239	Ptilidium	271	Resina Dammar 284. 302	
Polygala	306	Puccinia	261	Restiaceen	288
Polygalaceen	306	Pulicaria	320	resupinieren	292
Polygonaceen	296	Pulmonaria	315	Reticulariaceen	254
Polygoninen	296	Pulpa	79	Rettig	301
Polygonum	296	Pulpa Tamarindorum	313	Rhabarberwurzel	296
polykarpisch	208	Punica	311	Rhamnaceen	307
polymer	61	Pyrenoid	244	Rhamnus	307
Polypodiaceen	279	Pyrenolichenen	267		
Polypodieen	279	Pyrenomyceten	258		

	Seite		Seite		Seite
Rhaphiden	92	Ruscus	287	Schachtelhalme	290
Rheum	296	Ruster	296	Scheide	50
rhexigen	106	Rutaceen	305	Scheinfrucht	79
Rhinanthus	316	Ruta	305	Schenkelzelle	99
Rhipidenema	267	Sabalilla	287	Schichtung	93
Rhizoiden	29	Saccharomyces	258	Schieffblatt	310
Rhizom	33	Saccharomyceten	257	Schierling	309
Rhizoma Calami	289	Saccharum	291	Schiffchen	68
— Filicis	279	Safran	288	schildförmige Blätter	50
— Galangae	292	Sagina	297	Schistostega	275
— Hydrastis	299	Salat	320	Schiostegaceen	275
— Iridis	287	Salbeiblätter	316	Schizaeaceae	278
— Veratri	287	Salep	293	Schizocarpen	272
— Zedoariae	292	Salicaceen	295	schizogen	106
— Zingiberis	292	Salicornia	297	Schizomyceten	242
Rhizomorpha	263	Salix	295	Schizophyceen	241
Rhizophoraceen	310	Salsola	297	schlafende Augen	11
Rhizopogon	264	Salvia	316	Schlafmohn	300
Rhodophyceen	251	Salvinia	280	Schlauchpilze	257
Rhododendron	314	Salviniaaceen	280	Schleierchen	228
Rhodoreen	314	Sambuceen	319	Schleimpilze	253
Rhodymeniaceen	251	Sambucus	319	Schliesfrucht	77
Rhoeادين	299	Same	77, 79	Schliesshaut	93
Ribes	310	Samenanlage	60, 73	Schliesszelle	110
Riccia	269	Samenmantel	80	Schlingpflanzen	33
Ricciaceen	269	Samenmund	80	Schmetterlingsblüthe	68
Ricciella	269	Samenschale	79	Schmierbrand	260
Richardia	289	Samenschuppe	284	Schöllkraut	300
Ricinus	308	Samenschwiele	80	Schote	78
Ricinusöl	308	Sanddorn	311	schrägzygomorph	63
Rinde	129	Sandzellen	92	Schraubel	9
Rindenporen	117	Sanguisorba	312	schraubelähnliche Dicho- tomie	10
Ringelborke	118	Sanicula	309	Schraubelsympodium	9
Ringgefäße	104	Santalaceen	303	Schuppenborke	118
Rivularia	242	Sapindaceen	306	Schutzscheide	126
Rivulariaceen	242	Saponaria	297	Schwammparenchym	120
Rispe	77	Sapotaceen	314	Schwärmsporen	212
Robinia	313	Sarolegnia	257	Schwarzpappel	296
Roccella	265	Saprolegniaceen	257	Schwarzwurzel	320
Roccellaceen	265	Saprophyten	165	Schwerkraft	146
Rollblätter	43	Sarcina	243	schwertförmige Blätter	50
Rosa	311	Sargassum	251	Scilla	287
Rosaceen	311	Sarraceniaceen	301	Scirpeen	290
Roseen	311	Sarsaparilla	287	Scirpus	290
Rosenblätter	312	Sassafras	298	Scitamineen	291
Rosifloren	311	Sassafrasholz	298	Scleranthus	297
Rosmarinöl	316	Sauerdorn	298	Scolopendrium	279
Rosmarinus	316	Sauerstoff	147	Scorzonera	320
Roskastanie	306	Sauerstoffausscheidung	158	Scrophularia	316
Kostpilze	261	Saugorgan	28	Scrophulariaceen	316
Kotation	85	Saugwurzeln	27	Scutellaria	316
Rube	26, 301	Saxifraga	310	Scytonemaceen	242
Rubia	318	Saxifragaceen	309	Necale	291
Rubiaceen	318	Saxifraginen	309	Secale cornutum	258
Rubinen	318	Scabiosa	319	Sedum	310
Rüben	301	Scandix	309	Seegrass	293
Rubus	312	Scapania	271	Seidelbast	311
Rumex	296	Scenedesmus	248	Seifenrinde	312
Runkelrube	297				

	Seite		Seite		Seite
Seitensprosse	6	Sorbus	311	Stammknospe	5
Seitenwurzeln	6. 20	Soredien	264	Staphylococcus	243
seitliche Organe	5	Sorus	227	Stärke	84. 88. 89
Sekretschläuche	106	Spadicifloren	288	Stärkebildner	87
sekundäre Markstrahlen	128	Spaltfrucht	79	Staubblätter	60. 69
sekundäres Dickenwach-		Spaltöffnung	110. 154	Stauden	32
thum	127	Sparassis	262	Stechapfelblätter	316
Selaginaceen	316	spatelförmig	47	Stechheiche	306
Selaginella	282	Spatha	75	Steckling	211
Selaginellaceen	282	Spathifloren	288	Steinfrucht	79
Selbsterilität	238	Spezielle Botanik	240	Steinklee	313
Seligeriaceen	274	Specularia	318	Steinzellen	102
Sellerie	309	Speichergewebe	121	Stellaria	297
Semen Colchici	287	Spergula	297	Stellaten	318
— Faenugraeci	313	Sperma	230	Stellung der Blüten-	
— Lini	304	Spermation	224	theile	61
— Myristicae	299	Spermatozoiden	221	Stelzwurzeln	23
— Papaveris	300	Spermazelle	230	Stemonitaceen	254
— Sinapis	301	Spermogonium	261	Stemonitis	254
— Strychni	317	Sphacelariaceen	250	stengelumfassend	51
Sempervivum	310	Sphaerella	247	Sterculiaceen	302
Senecio	320	Sphaerophoraceen	267	Sterigma	215
Senegawurzel	306	Sphaeropleaceen	250	Sternmiere	297
Senfsamen	301	Sphagnaceen	272	Sticta	266
Sennesblätter	313	Sphagnum	272	Stiefmütterchen	301
Sepalen	66	spiessförmig	49	Stockausschlag	11
septicid	78	Spinacia	297	Stockrose	302
Seseli	309	Spinat	297	Stoffwechsel	148
Sexualzellen	217	Spindelbaum	306	Stolonen	38
Sherardia	318	Spiraea	312	Stomium	228
Shorea	302	Spiraeen	312	Sträucher	32
Sichel	9	Spiralgefässe	104	Strauchflechten	265
Siebelplatten	104	Spiralstellung	12	Streifung	93
Siebröhren	104	Spirillum	244	Streptokokken	243
Siebtheil	125	Spirochaete	244	Stroma	258
Silene	297	Spirogyra	245	Struthiopteris	279
Sileneen	297	spitz	48	Strychnos	317
Siliculosen	300	Spitzpappel	295	Stammsucculenten	37
Siliquosen	300	Splachnaceen	275	stumpf	48
Simarubaceen	305	Splachnum	275	Stützblatt	11
Sinapis	300	Sporangium	212	Stützwurzeln	23
Siphoneen	248	Sporen	211	Stylidiaceen	318
Siphonia	308	Sporenfrucht	224	Stypocaulon	250
Sirosiphonaceen	242	Sporocarpium	229. 280	Styraceen	314
Sirupus Cerasorum	312	Sporogonium	215. 226	Styrax	314
Sirupus Rubi Idaei	312	Sporophyll	59. 228	Suberin	94
Sisymbrium	300	Spreite	40	Succisa	319
Sium	309	Springfrucht	77	Succulente Blätter	58
Sklerenchym	102	Spross	5	superponirt	62
Sklerenchymfasern	102	Sprossachse	5. 31	Surirella	246
Sklerotium	259	Sprosse als Dornen	39	Surirellaceen	246
Smilaceen	287	Sprossranken	35	Süssholz	313
Smilax	287	Sprossystem	6. 32	Symbiont	170
Solanaceen	315	Spumariaceen	254	Symbiose	170
Solaneen	315	Stachelbeere	310	Symmetrieverhältnisse	15
Solanum	315	stachelspitzig	48	— der Blüthe	62
Solidago	320	Stachys	316	sympetal	68
Sommerlinde	302	Staminodien	72	Sympetalen	313
Sonchus	320	stammeigene Bündel	123	Symphoricarpus	319

	Seite		Seite		Seite
Symphytum	315	Tolubalsam	313	Ulmaceen	296
Sympodium	9	Toluifera	313	Ulm	296
Synedra	246	Tomentellaceen	262	Ulvaceen	249
Syncarpium	79	Topinambur	320	Umbelliferen	308
Synergiden	234	Torfmoose	272	Umbellifloren	308
syncarp	72	Torilis	309	Umbilicariaceen	266
Syringa	317	Trabeculae	282	Uncaria	318
		Tracheiden	103	ungegliederte Milch-	
Tabak	315	Tradescantia	288	röhren	106
Tabakblätter	316	Tragacantha	313	ungeschlechtliche Fort-	
Taccaceen	287	Traganth	313	pflanzung	211
Tagesperiode	190. 192	Tragblatt	61	unpaarig gefiedert	46
Tamaricaceen	301	Tragopogon	320	unsymmetrisch	17
Tamarindenmus	313	Transpiration	153	Unterlippe	69
Tamarindus	313	Transpirationsstrom	154	unterschlächting	271
Tanacetum	320	Transport der Nährsalze	153	unterständig	66
tangentiaier Längsschnitt	131	— des Wassers	153	Uredineen	201
Taphrina	258	Transversale	62	Uredo	261
Tapiocca	308	Transversalebene	62	Uredosporen	261
Taraxacum	320	transversalzygomorph	63	Urginea	267
Tausendgüldenkraut	317	Traube	76	Uromyces	261
Taxaceen	285	Tremellineen	262	Urtica	295
Taxoideen	285	Treppengefäße	104	Urticaceen	295
Taxus	285	triarch	126	Urticeen	295
Telephoraceen	262	Trichia	254	Urticineen	295
Teleutosporen	261	Trichiaceen	254	Usnea	265
Terebinthinen	306	Trichocoma	268	Usneaceen	265
Ternstroemiaceen	301	Trichogyn	223	Ustilagineen	260
Terpenthin	285	Trichom	112	Ustilago	260
Terpenthinol	285	Trichomanes	278	Utricularia	316
Testa	79	Trifolium	312		
Tetraphidaceen	275	Trigonella	313	Vaccinieen	314
Tetraphis	275	Trikokker	307	Vaccinium	314
tetrarch	126	trimer	61	Vakuolen	84. 90
Tetrasporaceen	247	Triticum	291	Valeriana	319
Tetrasporangien	213	Trockenfrüchte	77	Valerianaceen	319
Tetrasporen	213	Trollius	299	Valerianella	319
Teucrium	316	Tropaeolaceen	304	Vanilla	293
Thalictrum	299	Tropaeolum	304	Vanille	293
Thallophyten	241	Trüffel	258	Vaucheria	248
thallos	17	Tuber	258	Vaucheriaceen	248
Thallus	17	Tubera Aconiti	299	Vegetationspunkt	6
Thea	301	— Jalapae	315	vegetatives Leben	141
Theestrauch	301	— Salep	293	vegetative Vermehrung	210
Theilfrucht	79	Tubifloren	316	Veilchenwurzel	267
Theobroma	302	Tubulifloren	320	Veratrum	267
Thermotropismus	202	Tulipa	287	Verbascum	316
Thesium	303	Tüpfel	93	Verbindungsgewebe	126
Thierfallen	55	Tüpfelgefäße	104	Verbreitungsausrüstung	80
Thlaspi	800	Tüpfelkanal	93	Verdunstung	153
Thuja	284	Turgenia	309	Vererbung	236
Thymelaeaceen	311	Turgor	176	Verholzung	94
Thymelacinen	311	Turneraceen	310	verkehrt eiförmig	47
Thymian	316	Tussilago	320	Verkieselung	94
Thymus	316	Tyllenbildung	188	Verkorkung	94
Tilia	302	Typhaceen	289	Verlauf der Nerven	40
Tiliaceen	302			Vermehrung	210
Tilletia	280	Ulothrichaceen	249	Veronica	316
Tofieldia	287	Ulothrix	249	Verrucaria	267

	Seite		Seite		Seite
Verrucariaceen	267	Wasserfarne	279	Wurzelsystem	6
verwachsene Blätter	52	Wasserkulturen	149	Wurzeltasche	28
Verzweigung	6	Wasserleitung	157	Xanthium	320
Vibrio	243	Wasserpest	293	Yucca	287
Viburnum	319	Wasserschierling	309	Zamia	283
Vicia	312	Wasserspalte	112, 155	Zanardinia	250
Victoria	200	Wasserspeicher	36	Zea	291
Viola	301	Weberkarde	319	Zeiger am Bogen	190
Violaceen	301	weibliche Blüthe	60	Zeitlosensamen	287
Viscum	303	Weichsel	312	Zelle	83
Vitis	307	Weinstock	307	— leere	96
Vochysiaceen	305	Weisiaceen	274	— nackte	96
Voitiaceen	273	Welwitschia	285	Zellenlehre	83
Volvocineen	247	Wermut	320	Zellfäden	99
Volvox	247	wesentliche Bestandtheile		Zellflächen	99
Vorblätter	61, 74	des Pflanzenkörpers	149	Zellkern	84, 85
vorne	62	Wickel	9	Zellkörper	99
Vorspelze	291	wickelähnliche Dichoto-		Zellinhalt	84
		mie	10	Zelltheilung	97
Wachholder	283	Wickelsympodium	9	Zellverjüngung	98
Wachholderbeeren	284	Winterlinde	302	Zellverschmelzung	98
Wachsthum	181	Wirthswechsel	261	Zellwand	84, 92
Wachsthum der Organe	183	Wolfsmilch	307	Zimmt	298
Wachsthum der Zellen	181	Wollblumen	316	Zingiber	292
Wachsthum d. Gesamt-		Wollhaare	114	Zingiberaceen	291
organismus	189	Woodsia	279	Zitterpappel	295
Wachstumsphasen	182	Wurmsamen	320	Zitwerwurzel	292
Wachstumsrichtung	33	Wurzel	5, 18	Zostera	293
Wachsüberzug	110	— der niederen Pflan-		zugespitzt	48
Wallnussbaum	295	zen	29	Zungenblüthe	68
Wallnussblätter	295	Wurzeldornen	27	zweiachsig	32
Wanderung der organi-		Wurzeldruck	156	zweilippig	67
schen Stoffe	163	Wurzelhaare	19, 151	Zweitheilung	210
Wandflechte	266	Wurzelhaube	18	Zwiebeln	56
Wandplasma	84	Wurzelhülle	23	zwitterig	60
Wandverdickung	93	Wurzelknolle	25	Zygnema	245
Wärme	143	wurzellose Gefäßpflanzen	29	Zygnemaceen	245
Wärmebedürfniss der		Wurzeln als Assimilations-		zygomorph	62
Pflanzen	143	organe	27	Zygomyceten	255
Wasserabgabe	154	— als Reservestoff-		Zygophyceen	244
Wasseraufnahme	152	behälter	25	Zygophyllaceen	305
Wasserbewegung	154, 157	— metamorphosirte	25	Zygospore	217
Wasserblätter	43	— reducirte	28		
		Wurzelsprosse	11		

Druck von Seitz & Schauer, München.

